



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

**Efectos Agudos y Crónicos de los Estiramientos
de la Musculatura Isquiosural en Estudiantes
de Educación Primaria y Secundaria**

D. Ángel Mario López Ruiz

2020



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Efectos agudos y crónicos de los estiramientos de la musculatura isquiosural en estudiantes de Educación Primaria y Secundaria

Tesis doctoral presentada por:

Ángel Mario López Ruiz

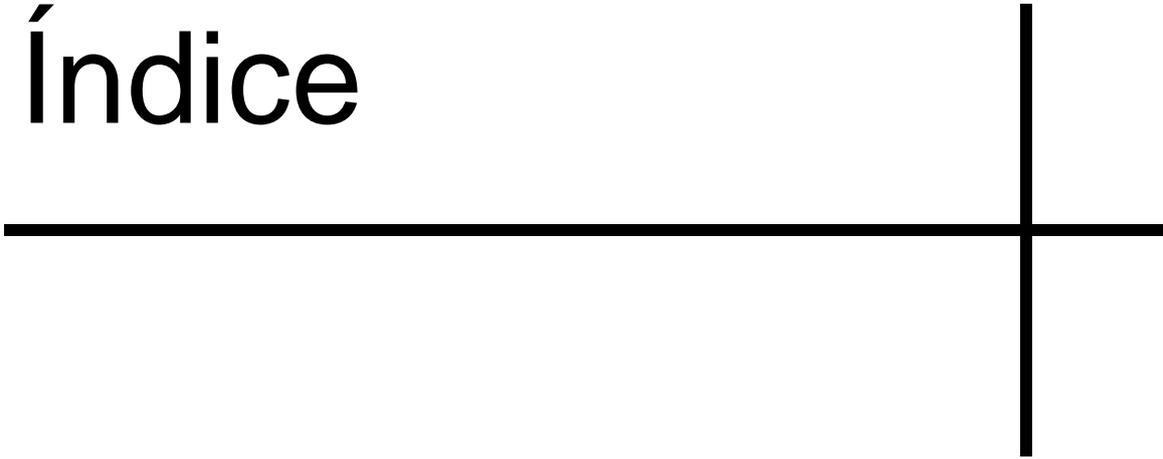
Dirigida por:

Pedro Ángel López Miñarro

Universidad de Murcia

Murcia, septiembre de 2020

Índice



1. MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. ACTIVIDAD Y EJERCICIO FÍSICO.....	9
1.2. CONDICIÓN FÍSICA.....	11
1.3. FLEXIBILIDAD.....	15
1.4. MUSCULATURA ISQUIOSURAL.....	18
1.5. EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL Y DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS.....	22
1.6. ¿CÓMO MEDIR LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL?.....	26
1.7. VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LOS TEST DE EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL.....	44
1.8. VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS.....	56
1.9. EFECTO AGUDO DE LOS ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.....	61
1.10. PROGRAMAS DE ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.....	63
1.11. VINCULACIÓN DE LOS CONTENIDOS CON EL CURRÍCULO EDUCATIVO.....	78
2. OBJETIVOS.....	89
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	93
3.1. MUESTRA.....	95
3.2. PROCEDIMIENTOS.....	95
3.2.1. Disposición sagital del raquis y pelvis.....	97
3.2.2. Posturas valoradas.....	98
3.2.3. Valoración de la Extensibilidad isquiosural.....	101
3.2.4. Programa de estiramiento isquiosural en escolares de Secundaria.....	108

3.2.5.	Protocolos de calentamiento en el grupo de escolares de Primaria.....	115
3.3.	ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR.....	115
3.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	116
4.	RESULTADOS.....	117
4.1.	VALORES DE FIABILIDAD INTRAEXPLORADOR.....	119
4.2.	RESULTADOS DEL PROGRAMA DE ESTIRAMIENTO ISQUIOSURAL EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA.....	119
4.3.	RESULTADOS DE LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA.....	124
4.4.	CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES EN LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA.....	132
4.5.	INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS EN EL TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO.....	134
5.	DISCUSIÓN.....	137
5.1.	MUESTRA DE ALUMNOS DE SECUNDARIA.....	139
5.1.1.	Análisis del efecto crónico de un programa de estiramientos musculares en los valores angulares del raquis en bipedestación relajada y en flexión máxima del tronco en el test sit-and-reach.....	139
5.1.2.	Análisis del efecto crónico de un programa de estiramientos musculares en la extensibilidad isquiosural en los test de elevación de la pierna recta pasivo y <i>sit-and-reach</i>	143
5.2.	MUESTRA DE ALUMNOS DE PRIMARIA.....	149
5.2.1.	Análisis del efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en los valores angulares del raquis en bipedestación relajada y corregida, máxima extensión del tronco y máxima flexión del tronco en sedentación y en el test dedos-suelo.....	149

5.2.2. Análisis del efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en la extensibilidad isquiosural en los test de elevación de la pierna recta activo y dedos-suelo.....	155
5.2.3. Análisis de la validez de los test de elevación de la pierna recta activo y dedos-suelo antes y después de la realización de dos protocolos de calentamiento.....	161
5.2.4. Análisis de la influencia de las diferentes variables antropométricas de los sujetos en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo.....	164
5.2.5. Análisis y comparación de la mejora en la extensibilidad isquiosural obtenida por los dos protocolos de calentamiento.....	166
6. LIMITACIONES.....	171
7. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN.....	175
8. CONCLUSIONES.....	179
9. IMPLICACIONES EDUCATIVAS.....	183
10. BIBLIOGRAFÍA.....	189
11. AGRADECIMIENTOS.....	233

Marco teórico

- 1.1. ACTIVIDAD Y EJERCICIO FÍSICO.
- 1.2. CONDICIÓN FÍSICA.
- 1.3. FLEXIBILIDAD.
- 1.4. MUSCULATURA ISQUIOSURAL.
- 1.5. EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL Y DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS.
- 1.6. ¿CÓMO MEDIR LA FLEXIBILIDAD ISQUIOSURAL?
- 1.7. VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LOS TEST DE EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL
- 1.8. VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS
- 1.9. EFECTO AGUDO DE LOS ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.
- 1.10. PROGRAMAS DE ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.
- 1.11. VINCULACIÓN DE LOS CONTENIDOS CON EL CURRÍCULO EDUCATIVO.

1.1. ACTIVIDAD Y EJERCICIO FÍSICO

Actualmente, la sociedad está más concienciada de la importancia de incorporar a su cultura aquellos aspectos relacionados con el cuerpo humano y con su capacidad de movimiento, de cara a mejorar su calidad de vida. La práctica de actividad física ha estado siempre unida de manera inherente al ser humano, constituyendo una conducta saludable, que puede llegar a ser, en algunos casos, una actividad asociada a otros hábitos de vida saludable (González & Ríos, 1999).

Caspersen, Powell y Christenson (1985) destacan que *"la actividad física no es otra cosa que un movimiento de algunas estructuras corporales, originado por la acción de los músculos esqueléticos, y del cual se deriva un determinado gasto de energía. El ejercicio físico supone una subcategoría de la anterior, pues posee los requisitos de haber sido concebido para ser llevado a cabo de forma repetida, con el fin de mantener o mejorar la forma física"*. Cuando la actividad física se regula y organiza con un fin u objetivo, se suele utilizar el concepto de ejercicio físico. De acuerdo con Grosser, Hermann, Tusker y Zintl (1991) éste *"es un movimiento que requiere un proceso complejo y orientado a un objetivo"*. Se trata de un tipo de actividad específica programada con una frecuencia, intensidad y duración, que se organiza en sesiones para conseguir unos objetivos previamente establecidos.

Numerosas investigaciones afirman que la práctica de actividad físico-deportiva contribuye al bienestar y calidad de vida de las personas y la sociedad donde viven (American College of Sports Medicine, 1990, 1995; Bouchard, Shephard, Stephens, Surton & McPherson, 1990; Gaspar de Matos, Simoes, Fonseca, Reis & Canha, 1998; Gaspar de Matos & Sardinha, 1999; Pollock, Dimmisch, Miller, Kedrick & Linnerud, 1975; Puig, 1998; Sardinha, 1999). Por todo ello, es preciso fomentar su promoción, siendo el ámbito escolar un contexto esencial, pues implica un rango de edad donde se consolidan muchos de los hábitos de la persona en su futura edad adulta. Este proceso es aún más importante por cuanto diversos estudios de corte sociológico han demostrado que existe un descenso progresivo de la práctica físico-deportiva en la etapa escolar, siendo mucho más marcado en la adolescencia (Armstrong & Van Mechelen, 1998; Caspersen, Pereira & Curran,

2000; García Ferrando, 1997; Gaspar de Matos y cols., 1998; Sallis & Owen, 1999; Telama & Yang, 2000).

Diversas investigaciones concluyen que la práctica de actividad física establece relaciones significativas con otros hábitos saludables dentro del continuo de estilos de vida saludables. Casimiro (1999), así como Castillo y Balaguer (2001) encontraron una relación directa entre un hábito de práctica física, adecuados hábitos de higiene corporal, una alimentación equilibrada y buenos índices de condición física, en población escolar.

A lo largo de los años, la actividad física también se ha asociado a efectos psicológicos beneficiosos en jóvenes, posiblemente asociados a un mejor control de las situaciones de estrés y ansiedad. También puede contribuir al desarrollo social de los jóvenes, ofreciéndoles oportunidades de expresarse, fomentando su autoconfianza y su interacción e integración social (Reigal & Videra, 2013). Díaz y Sierra (2009) sugieren que los jóvenes activos pueden adoptar, con más facilidad, otros comportamientos saludables, tales como evitar el consumo de tabaco, alcohol y drogas; un mejor rendimiento académico; aumento de la sensación de competencia; incremento del autocontrol y la autosuficiencia; distracción, diversión, y evasión de pensamientos, emociones o conductas desagradables. En definitiva, una mejora del bienestar psicológico.

De todos los factores que influyen en la consecución de una adecuada calidad de vida, la actividad físico-deportiva contribuye de forma decisiva al bienestar de la sociedad (Gaspar de Matos & Sardinha, 1999; Puig, 1998; Sardinha, 1999). La práctica de actividad física realizada de acuerdo con una frecuencia, intensidad y duración adecuadas está encuadrada dentro de los estilos de vida saludable (Gutiérrez, 2000). Sobre el ámbito físico, con la realización sistemática de ejercicio físico se pueden trabajar diferentes capacidades físicas enfocadas hacia la mejora de la salud, tales como la resistencia cardio-respiratoria, la fuerza y la flexibilidad (Delgado & Tercedor, 2012).

Los mayores beneficios derivados de la actividad física se obtienen cuando se pasa del sedentarismo a niveles moderados de actividad, si bien dicha relación desciende cuando se pasa de niveles moderados a altos. En

cuanto a los riesgos, estos aumentan de forma exponencial cuando se aumenta la intensidad de forma importante. A pesar de esto, conviene matizar que cuando el nivel de actividad es moderado, los riesgos son más reducidos (Bouchard y cols., 1990).

1.2. CONDICIÓN FÍSICA

El concepto tradicional de condición física ha evolucionado de forma significativa con el paso del tiempo. El concepto de condición física en relación con la Educación Física surge hacia principios del siglo XX, cuando Lian (1916) hizo las primeras pruebas para medir la aptitud física. Tras muchos años y la formulación de numerosas definiciones, la condición física pasó a ser definida desde un enfoque biomédico, debido a que ciertos aspectos se relacionan directamente con la salud de las personas, denominándose, en conjunto, condición física saludable y definiéndose como un estado dinámico de energía y vitalidad que permite a las personas llevar a cabo las tareas habituales de la vida diaria, disfrutar del tiempo de ocio activo y afrontar las posibles emergencias imprevistas sin una fatiga excesiva, a la vez que ayuda a evitar enfermedades hipocinéticas y a desarrollar el máximo de capacidad intelectual experimentando plenamente la alegría de vivir (Bouchard y cols., 1990).

En la misma línea, Caspersen y cols. (1985) definieron la condición física como la capacidad de llevar a cabo las tareas diarias con vigor y vivacidad, sin excesiva fatiga y con suficiente energía para disfrutar del tiempo libre u ocio y para afrontar emergencias inesperadas. Delgado, Gutiérrez y Castillo (1997) definieron este concepto como la vitalidad de una persona y su aptitud real para las acciones que emprende. Dicha definición hace referencia a la capacidad funcional que tiene o adquiere una persona para poder realizar actividad física.

Verjorshanski (2000) la define como la capacidad de realizar una tarea específica, y soportar las exigencias de esa tarea en condiciones concretas, de una forma eficiente y segura. Bajo esta definición, la condición física queda formada por el nivel de diferentes capacidades físicas: resistencia cardiorrespiratoria, fuerza, velocidad y flexibilidad.

La **resistencia** se puede definir como la capacidad de mantener un esfuerzo sin que aparezca la fatiga, o retrasándola, manteniendo la efectividad en el trabajo. La intensidad de los esfuerzos y la duración de los mismos van a localizar la fatiga en los diferentes sistemas y fuentes energéticas. En función de estas fuentes, se puede hablar de resistencia aeróbica y anaeróbica.

La **velocidad** es la capacidad de realizar acciones motrices con máxima intensidad en el menor tiempo posible. Depende de parámetros tales como la fuerza, técnica, la elasticidad de músculos y fibras o la coordinación intra- e inter-muscular.

La **fuerza** es la capacidad para vencer resistencias externas o contrarrestarlas mediante esfuerzos musculares (Zatziorski, 1995). González-Badillo y Gorostiaga (1995), definen la fuerza como la capacidad de producir tensión en la musculatura al activarse, o como se entiende habitualmente, al contraerse.

Finalmente, la **flexibilidad** es la capacidad de realizar movimientos amplios de las articulaciones. Depende de factores como la movilidad articular, la elasticidad muscular y la fase del desarrollo del individuo. La flexibilidad es una cualidad involutiva (Pacheco, 2010), sobre todo cuando no se trabaja de forma específica, y está muy determinada por el crecimiento muscular y óseo.

Cualquier práctica de actividad física puede dirigirse hacia un proceso de acondicionamiento físico, con el objetivo de conseguir o mantener un determinado estado de condición o aptitud que, de acuerdo con la definición establecida en el Diccionario de las Ciencias del Deporte (1992), tiene relación con el nivel de cualidades o capacidades de resistencia, fuerza, velocidad y flexibilidad, que son las que quedan encuadradas, habitualmente, como cualidades o capacidades físicas básicas. Por este motivo, Castañer y Camerino (1993) afirman que las capacidades físicas básicas son el término general que designa los diferentes factores que sustentan la condición física.

Dentro del espectro de conceptos que surgen a partir de la condición física, el acondicionamiento físico cobra especial importancia. Este se puede definir como el hecho de ejercitarse para desarrollar o incrementar los diferentes factores o capacidades físicas básicas, con la finalidad de aumentar

o mantener el nivel de la condición o de la aptitud física del individuo. Según la intención que tenga el individuo se puede hablar bien de acondicionamiento físico general, que busca un grado de condición física de carácter general, atendiendo a unos grados básicos de desarrollo, a una actuación deportiva o a una actividad física general con un carácter amplio y polivalente, o bien de acondicionamiento físico específico, que se trata de un desarrollo concreto y particular en relación con una actividad físico-deportiva concreta (De la Reina & Martínez, 2003).

Los niveles de condición física de una persona están relacionados con otros factores como la herencia, el estilo de vida, el ambiente y otros atributos personales que pueden ser mucho más determinantes para la salud de una persona, más incluso que la realización o no de actividad física (Devís, 2000).

De la Cruz y Pino (2009), siguiendo el Modelo de Toronto de Condición Física, Actividad Física y Salud, añaden que existe una relación entre salud y condición física, donde el nivel de condición física está influido por la cantidad y tipo de actividad física realizada habitualmente, y que el nivel de condición física influye y modifica el nivel de actividad física en la vida diaria, siendo proporcional al nivel de salud que posee una persona. En definitiva, para estos autores, la condición física influye sobre el estado de salud de las personas y a la misma vez, éste influye en su actividad física habitual y en su nivel de condición física.

Los conceptos de actividad física, ejercicio físico y condición física se han ido incorporando al contexto escolar a través de la inclusión de diferentes contenidos, encuadrados en un bloque de actividad física o condición física en relación a la salud. Así pues, los currículos de Educación Primaria (Real Decreto 126/2014 de 28 de febrero) y de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre) en España destacan la importancia de la Educación Física en la mejora de la condición física y adquisición de hábitos saludables por los escolares. Para ello, se organizan los contenidos en bloques, dentro de los que destacan el de “Actividad Física y Salud” en Primaria y el denominado “Condición Física y Salud” en Secundaria. Éste último agrupa contenidos relativos a la salud física, hábitos de ejercicio físico y de práctica deportiva que inciden en el desarrollo de las capacidades

físicas del individuo para la mejora de su calidad de vida. Con el bloque de contenidos de “Actividad Física y Salud”, la Educación Física persigue trabajar un amplio abanico de conceptos, saberes prácticos y hábitos, destinados al fomento de una vida saludable desde una perspectiva integral (Decreto 198/2014). Entre los contenidos que forman parte de los bloques citados, tanto en Primaria como en Secundaria, se encuentran aquellos destinados al trabajo de aquellas capacidades físicas más asociadas a la salud: resistencia cardiovascular, fuerza-resistencia y flexibilidad (Martínez, 2003; Sáinz de Baranda, 2009).

De las diferentes capacidades físicas, la resistencia cardio-respiratoria y resistencia muscular, han sido las más analizadas por sus efectos en la salud de diferentes sistemas y órganos, relacionados con la prevención de importantes enfermedades metabólicas y cardio-vasculares. Yuste (2012) considera la necesidad de establecer, en las clases de Educación Física, un grado mínimo en cuanto a la intensidad del ejercicio, y con estímulos lo suficientemente significativos como para producir a corto, medio o largo plazo beneficios en la capacidad cardio-respiratoria. También afirma que es fundamental mantener el control del esfuerzo en los ejercicios de resistencia dentro de unos márgenes saludables ya que los niños/as no están todavía bien capacitados para los esfuerzos anaeróbicos de gran intensidad.

Para la mejora de la condición física del escolar es preciso plantear una serie de estrategias que contemplen una serie de factores: efectos del crecimiento, adaptaciones, periodos propios, riesgos a corto y largo plazo e intensidad del ejercicio, entre otros (Duchateau, 2009 citado por Yuste, 2012). Hay que enseñar al alumnado a ser capaz de ajustar, respecto a su propio esfuerzo, capacidades y limitaciones, y a asociar las señales que su cuerpo le facilita para emitir la respuesta más acertada (Sañudo & De Hoyo, 2007).

Entre las diferentes capacidades físicas que conforman la condición física, la flexibilidad es la cualidad básica del movimiento del ser humano que menos se trabaja a pesar de caracterizarse por una involución significativa a partir de los 9 años de edad (Álvarez del Villar, 1983).

Desde el nacimiento hasta la pubertad, la flexibilidad se mantiene en un nivel aceptable, pero a partir de aquélla se produce una disminución progresiva

del rango de movimiento articular (Zaragoza, Serrano & Generelo, 2004), consecuencia del rápido aumento de la talla y el peso, así como del incremento de la masa muscular y determinados cambios hormonales. Debido a este conjunto de factores, al inicio de este periodo se produce un desequilibrio músculo-esquelético que incrementa el riesgo de acortamientos musculares (Delgado, Martín, Zurita, Antequera & Fernández, 2009).

1.3. FLEXIBILIDAD

La flexibilidad, definida como aquella cualidad que con base en la movilidad articular, extensibilidad y elasticidad muscular, permite el máximo recorrido de las articulaciones en posiciones diversas, permitiendo al sujeto realizar acciones que requieren agilidad y destreza está formada por una combinación entre dos factores: la movilidad articular o máxima angulación en grados que puede alcanzar una articulación y la elongación muscular o máximo estiramiento a que puede ser sometido un músculo (Álvarez del Villar, 1983). Debido al carácter regresivo de la flexibilidad, el trabajo de esta capacidad física persigue mantener unos niveles óptimos, retrasando las pérdidas progresivas asociadas a la edad.

Debido a la importancia de esta cualidad física y a la necesidad de desarrollarla, se recomienda incorporar los estiramientos en la práctica de ejercicio físico. Los estiramientos se definen como una forma de ejercicio físico en el que un músculo esquelético es alargado deliberadamente en toda su longitud con el fin de mejorar su elasticidad y reafirmar el tono muscular (Patni, Saravanan, Shaikh, Juneja, Shaikh & Patel, 2013), ya que cuando se realizan antes de cualquier ejercicio físico, aumenta el rango de movimiento articular (Dadebo, White & George, 2004).

La flexibilidad, al igual que el resto de cualidades físicas, está influida por factores mecánicos (elasticidad muscular y tendinosa, capsular y ligamentosa, tejidos conjuntivos densos) y nerviosos, algunos de los cuales no son modificables, como el género y la edad (Baechle & Earle, 2007; Bleakley & Costello, 2013; Díaz-Soler, Vaquero-Cristóbal, Espejo-Antúnez & López-Miñarro, 2015; Espejo-Antúnez y cols., 2015; Nakano, Yamabayashi, Scott &

Reid, 2012). Son numerosos los factores que afectan y condicionan la flexibilidad. De manera general, se pueden dividir en factores intrínsecos y factores extrínsecos. Con respecto a los intrínsecos, se puede destacar la movilidad articular, la elasticidad o capacidad de elongación de la musculatura antagonista, la fatiga muscular, la coordinación intermuscular, el estado emocional, y los factores neuromusculares, como el tono muscular y la capacidad de relajación de la musculatura. En relación a los factores extrínsecos, existen una serie de elementos ajenos al individuo que afectan directamente a la flexibilidad como son la edad y el género, las condiciones ambientales y la hora del día (figura 1) (Bernal & Piñeiro, 2009).



Figura 1. Factores que condicionan la flexibilidad (Bernal & Piñeiro, 2009).

Son muchas las evidencias científicas que demuestran que la flexibilidad mejora significativamente cuando se realizan, de manera sistemática, ejercicios de estiramientos (Mayorga-Vega, Merino-Marban, Garrido & Viciano, 2014; Rodríguez, Santonja, López-Miñarro, Sáinz de Baranda & Yuste, 2008a; Santonja, Sáinz de Baranda, Rodríguez, López-Miñarro & Canteras, 2007). Realizar estiramientos mejora el rango de movimiento en una articulación a través de cambios en la rigidez muscular (provocando deformación viscoelástica del músculo) o por modificaciones en la tolerancia al estiramiento

(umbral del dolor) generados tras un estímulo de tracción (Useros & Campos, 2011).

Los estiramientos se pueden clasificar de diversos modos, en función de la clasificación que se considere. Frecuentemente, se dividen los estiramientos en estáticos y dinámicos (O'Sullivan, Murray, & Sainsbury, 2009). En los estiramientos estáticos, el movimiento y la elongación de los tejidos se produce con gran lentitud sobre la base de una posición que debe de ser mantenida, lo que supone una mayor protección para los tejidos blandos (Ayala, Sáinz de Baranda, De Ste Croix & Santonja, 2012a). Por otro lado, los estiramientos dinámicos consisten en movilizar la articulación desde su posición neutral hasta el máximo rango articular, donde los músculos están en su mayor longitud, volviendo de nuevo a su posición inicial. Este movimiento dinámico debe de llevarse a cabo de una manera controlada y repetirse durante un periodo de tiempo determinado para lograr adaptaciones (O'Sullivan y cols., 2009).

Se utilice una técnica u otra, para lograr unos altos índices de amplitud articular, o mantener los niveles existentes, es fundamental trabajar los estiramientos de forma continuada en el tiempo, ya que se trata de la única forma de poder vencer el poder de restitución de los tejidos conjuntivos densos y ordenados (Rodríguez & Moreno, 1997).

La práctica de estiramientos musculares se ha relacionado directamente con diversas adaptaciones en los tejidos musculares. Ayala, Sáinz de Baranda, Cejudo y Santonja (2012b), en un trabajo de revisión bibliográfica, plantean diversos efectos asociados al trabajo de la flexibilidad:

- a) Aumento de la temperatura muscular.
- b) Disminución del dolor.
- c) Aumento del rango de movimiento de una articulación en sujetos sanos y lesionados.
- d) Aumento de la tolerancia al estiramiento.
- e) Ayuda en la recuperación del organismo tras un esfuerzo intenso.
- f) Reducción del riesgo de lesiones.

- g) Mejora del rendimiento (sobre todo en deportes que soliciten rangos de movimiento elevados).

La flexibilidad se ha ido incorporado como contenido en los bloques de contenidos de la Educación Física en Primaria y Secundaria conforme se ha ido modificado la legislación educativa (Delgado y cols., 2009; Zurita, Romero, Ruiz, Martínez, Fernández & Fernández, 2008). El trabajo, tanto teórico como práctico, ha ido tomado mayor importancia, pues la flexibilidad repercute, a corto y largo plazo, en la salud del sistema músculo-esquelético (Moreno & Rodríguez, 1995). Entre todos los músculos del cuerpo humano, hay algunos que tienen una tendencia a una reducción más evidente en su flexibilidad, lo que influye de manera directa en el rango de movimiento articular y, por tanto, en las actividades físico-deportivas y de la vida diaria. De todos ellos, la musculatura isquiosural ha recibido una mayor atención por la frecuencia de casos con una reducida extensibilidad, y los efectos de ésta en el aparato locomotor, especialmente, en la columna vertebral.

1.4. MUSCULATURA ISQUIOSURAL

La musculatura isquiosural, se localiza en la parte posterior del muslo, y se compone de tres porciones o músculos (figura 2). La primera de ellas es el músculo bíceps femoral que tiene una porción larga, con origen en la tuberosidad isquiática de la pelvis y una porción corta que se origina en la cresta áspera del fémur, insertándose ambas en la apófisis estiloides del peroné. Con respecto a la segunda porción, se trata del músculo semimembranoso, que se origina en la tuberosidad del isquión mediante un tendón largo y se inserta en la cabeza de la tibia a través de tres tendones que forman la pata de ganso profunda: tendón directo (se inserta en la tuberosidad tibial interna), tendón reflejo (se inserta en la tuberosidad tibial anterior) y tendón recurrente (se inserta en el cóndilo femoral externo). Finalmente, la tercera porción es el músculo semitendinoso, que se encuentra por encima del semimembranoso y tiene un tendón muy largo. Tiene como origen la

tuberosidad del isquión y se inserta en la tuberosidad tibial interna (Calais-Germain, 2009).

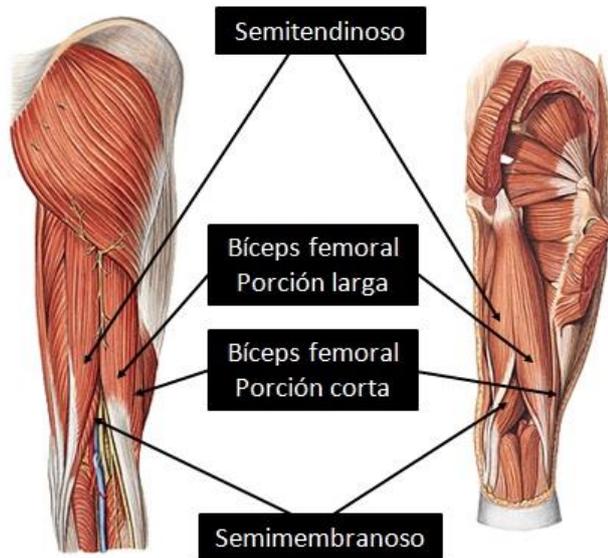


Figura 2. Músculos que componen la musculatura isquiosural (Gilroy, MacPherson, & Ross, 2008).

Estos músculos muestran diferencias arquitectónicas importantes en relación a la longitud fascicular, área de sección transversal, ángulo de penneación o volumen. Evangelidis (2015), así como Woodley y Mercer (2005) destacan que el músculo semimembranoso es el que tiene más volumen y un ángulo de penneación más alto con respecto al semitendinoso que, sin embargo, tiene mayor longitud y un ángulo de penneación más pequeño.

La musculatura isquiosural se caracteriza por ser biarticular, ya que actúa sobre dos articulaciones (cadera y rodilla). De manera más específica, el semimembranoso, el semitendinoso y la porción larga del bíceps femoral son músculos biarticulares mientras que la porción corta del bíceps femoral es monoarticular. Sus acciones agonistas son la extensión de cadera, la flexión de rodilla y la retroversión de la pelvis. Además, estos músculos tienen un carácter rotador de la articulación femoro-tibial con la rodilla en flexión. El bíceps

femoral produce rotación externa, mientras que semitendinoso y el semimembranoso realizan rotación interna (Kapandji, 1998).

Los puntos anatómicos de origen en la tuberosidad isquiática, le confieren a la musculatura isquiosural un papel importante en el denominado ritmo lumbo-pélvico, que hace referencia a la interacción de los movimientos de la pelvis y la columna vertebral al realizar un movimiento de flexión del tronco (Santonja, Ferrer & Martínez, 1995). Por esta razón, ha existido y sigue existiendo una gran atención al grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural.

Una limitación en la extensibilidad de la musculatura isquiosural es una situación diferente, aunque relacionada, al conocido como síndrome de isquiosurales cortos. Éste se caracteriza por una disminución significativa de la extensibilidad, de etiología desconocida, que aparece en la infancia presentando diferentes grados de manifestación asociados a mayores o menores repercusiones sobre pelvis (retroversión) y raquis (dorso curvo). De una forma u otra, la extensibilidad de esta musculatura se suele clasificar en tres posibles categorías: normal, cortedad moderada (también denominada grado I) y marcada disminución de la flexibilidad (cortedad grado II) (Bado, 1977).

Los niveles de extensibilidad isquiosural han sido analizados en multitud de estudios con deportistas: nadadores (Pastor, 2000; Sanz, 2002), corredores de larga distancia (Trehearn & Buresh, 2009; Wang, Whitney, Burdett & Janosky, 1993), piragüistas (García-Ibarra López-Miñarro, Alacid, Ferragut & Yuste, 2007; López-Miñarro, Alacid & Muyor, 2009d; López-Miñarro, Ferragut, Alacid, Yuste & García, 2008d; López-Miñarro, Vaquero, Muyor, Alacid & Isorna, 2012c; López-Miñarro, Muyor, Alacid, Vaquero-Cristóbal, López-Plaza & Isorna, 2013a; López-Miñarro, Muyor & Alacid, 2012b, 2013b), remeros (Stutchfield & Coleman, 2006), halterófilos (Dillon, Paulose-Ram, Hirsch & Gu, 2004), atletas (López-Miñarro & Alacid, 2010f; Muyor, Vaquero-Cristóbal, López-Miñarro & Alacid, 2014a; Rodríguez-García), gimnastas de rítmica (Martínez, 2004; Martínez, Pastor & Rodríguez, 2001), futbolistas (Caldwell & Peters, 2009; López-Miñarro, Sánchez, Yuste & Sáinz de Baranda, 2007a; Henderson, Barnes & Portas, 2010; McIntyre y Hall, 2005; Vaquero-Cristóbal,

Muyor, Alacid & López-Miñarro, 2012, 2013), jugadores de fútbol sala (López-Miñarro, Sánchez, Yuste & Sáinz de Baranda, 2007a), jugadores de fútbol australiano (Young y cols., 2005), luchadores (Mirzaei, Curby, Rahmani-Nia & Moghadasi, 2009), jugadoras de lacrosse (Enemark-Miller Seegmiller & Rana, 2009), tenistas (Kibler & Chandler, 2003; García-Vélez, 2016; García-Vélez y López Miñarro, 2018), taekwondistas (Toskovic, Blessing & Williford, 2004), ciclistas (Muyor, Alacid, Vaquero & López-Miñarro, 2012a; Muyor, Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2011; López-Miñarro, Alacid & Vaquero, 2012c) y jugadoras de voleibol (Melrose, Spaniol, Bohling & Bonnette, 2007). En la gran mayoría de estos estudios se ha encontrado una extensibilidad reducida, excepto en el caso de las bailarinas (Esparza, Moya, Vaquero-Cristóbal & López-Miñarro, 2014a; Esparza, Vaquero-Cristóbal, Calvo & López-Miñarro, 2014b; Santonja, Gómez, Canteras, Sáinz de Baranda & Ferrer, 2002; Vaquero y cols., 2014b, 2015b; Vaquero-Cristóbal, López-Miñarro, Alacid, Muyor, Martínez-Ruiz & Esparza-Ros, 2014a) y gimnastas de rítmica (Martínez, 2004), en las que se encontró una extensibilidad isquiosural más desarrollada, asociada a entrenamientos específicos y sistemáticos de esta capacidad física.

Otros estudios han comparado la extensibilidad isquiosural entre deportistas de diferentes disciplinas (Chandler, Kibler, Uhl, Wooten, Kiser & Stone, 1990; Ferrer, 1998) y entre diversos puestos en un mismo deporte (Duncan, Woodfield & al-Nakeeb, 2006), encontrando diferencias que achacan a las adaptaciones generadas por las exigencias del deporte en cuestión (Chandler y cols., 1990).

Según Arregui y Martínez de Haro (2001), los entrenamientos específicos realizados habitualmente mejoran la extensibilidad muscular, si bien los entrenamientos genéricos y la competición no logran mejorar esta capacidad. Una mala extensibilidad se trata en ocasiones de un problema actitudinal ya que los técnicos deportivos y los propios deportistas no consideran la extensibilidad isquiosural como una capacidad importante en la consecución de un alto rendimiento deportivo (Nyland, Kocabay & Caborn, 2004).

La reducción de la extensibilidad isquiosural también es frecuente en población escolar (Brodersen, Pedersen & Reimers, 1994; Ferrer, 1998;

Santonja & Pastor, 2003). En un estudio realizado con 459 niños y adolescentes se encontró que el 75% de los chicos y el 35% de las niñas mayores de 10 años tenían una extensibilidad isquiosural limitada (Brodersen & cols., 1994). En España, diferentes estudios han mostrado entre un 18-38% de escolares con una extensibilidad isquiosural Reducida (Castro-Piñero y cols., 2013; Ferrer, 1998; Santonja y cols., 2007; Santonja & Pastor, 2003; Santonja, Rodríguez, Sáinz de Baranda & López-Miñarro, 2004). Rodríguez y cols. (2008a), encontraron entre un 18-38% de escolares con una insuficiente extensibilidad isquiosural. Muchas de estas limitaciones en la extensibilidad se han relacionado a un proceso de crecimiento acelerado y al sedentarismo, cada vez más frecuente en la edad escolar (Patni y cols., 2013).

Vidal, Vidal, Almela y Vidal (2011) hicieron una valoración del número de alumnos que padecían cortedad isquiosural en el año 1986 con respecto a los alumnos que la padecían en el año 2008, encontrando un incremento en el número de casos, pasando de un 5,13 % en 1986 a un 20 % en 2008.

1.5. EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL Y DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS

Una correcta extensibilidad isquiosural se considera un importante componente de la condición física saludable y un factor implicado en la salud del raquis. Puesto que la pelvis, sobre la que tiene su origen la musculatura isquiosural, es la base de apoyo de la columna vertebral, su extensibilidad puede afectar a la misma en determinadas actividades y posiciones.

La columna vertebral es una estructura ósea formada por 33 o 34 vértebras y unos discos intervertebrales situados entre ellas. La zona cervical está formada por 7 vértebras, la dorsal por 12 vértebras, la lumbar por 5 vértebras y la sacra por 5 vértebras fusionadas y el cóccix, constituido por 4 o 5 vértebras más (Kapandji, 1998). Las regiones dorsal y lumbar tienen mayor movilidad que el resto.

En el plano sagital, la columna vertebral presenta una serie de curvaturas que se denominan lordosis o cifosis, en función de si su concavidad es posterior o anterior, respectivamente. Cuando esas curvaturas se modifican

variando los valores normales establecidos, se denominan desalineaciones raquídeas. Si las curvaturas torácica y lumbar superan los valores angulares considerados normales, se habla de hipercifosis torácica e hiperlordosis lumbar, respectivamente. Si por el contrario, estas curvaturas reducen sus valores angulares por debajo de los límites de normalidad, se les llama rectificación o inversión (Muyor, 2010).

En el estudio actual de Santonja-Medina y cols. (2020) con 887 estudiantes de Educación Primaria encontraron muchas desalineaciones en el raquis de los escolares destacando que un 36.8% presentaba hipercifosis torácica funcional sin diferencias entre sexos y el 82.3% presentaba hiperlordosis lumbar funcional siendo más frecuente en las chicas que en los chicos.

La pelvis es la base de apoyo de la columna vertebral, y su capacidad de movimiento en el plano sagital, a través del giro las articulaciones coxofemorales, es un elemento crucial. Así, se generan dos importantes movimientos: anteversión, en el que la parte superior de la pelvis se mueve hacia delante y la parte inferior de ésta se desplaza hacia atrás; y retroversión, que se produce en sentido inverso. Estos movimientos inciden directamente en la disposición sagital de la columna vertebral, especialmente del raquis lumbar, de modo que al realizar una anteversión, aumenta la lordosis lumbar, mientras que al realizar una retroversión se reduce la curvatura lumbar (Kapandji, 1998; Levine & Whittle, 1996; Scott, 2016).

Vaquero-Cristóbal y cols. (2012) indican que la musculatura isquiosural se trata de un grupo muscular que se encuentra directamente relacionado con la postura corporal. En caso de que esta musculatura no permita un rango de movilidad adecuado, se producen adaptaciones, no solo en la posición de la cadera y de la rodilla, articulaciones donde se origina y se inserta respectivamente, sino también en la cinemática de la columna vertebral. En este sentido, la pelvis conecta la columna vertebral con los miembros inferiores, por lo que, la musculatura isquiosural afecta al ritmo lumbo-pélvico.

Debido a que la extensibilidad isquiosural afecta a la posición de la pelvis, y ésta incide en la disposición sagital del raquis, varios estudios han analizado las consecuencias en un déficit en su flexibilidad. Ferrer (1998) ya

estableció una relación directa entre una extensibilidad isquiosural reducida y determinadas repercusiones en el raquis tóraco-lumbar. La flexibilidad de la musculatura isquiosural condiciona las posturas del raquis y la pelvis en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, de modo que una menor extensibilidad isquiosural se ha relacionado a una disminución del rango de movimiento de flexión coxofemoral y lumbar, así como a un aumento del rango de flexión torácica (López-Miñarro & Alacid, 2010f; López-Miñarro y cols., 2012b, 2013b; López-Miñarro, Muyor, Alacid & Vaquero, 2014a; Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2011).

Se ha constatado que la extensibilidad isquiosural influye en la posición de la pelvis en los movimientos que implican una flexión del tronco. En bipedestación, por el contrario, la musculatura no genera la suficiente tracción como para ejercer algún tipo de incidencia en la posición de la pelvis (Gajdosik, Albert & Mitman, 1994; López-Miñarro y cols., 2012b; López-Miñarro y cols., 2013b). La relación entre el grado de extensibilidad y la posición de la pelvis y el raquis, depende de diversos factores, entre ellos la posición de las rodillas. Cuando éstas están extendidas, la distancia entre origen e inserción de los isquiosurales es mayor, por lo que aumenta la tracción en la musculatura (López-Miñarro, Muyor, Alacid, Isorna & Vaquero, 2014b)

Las consecuencias de una insuficiente extensibilidad isquiosural se concretan en alteraciones del ritmo lumbo-pélvico en los movimientos de flexión del tronco (Esola, McClure, Fitzgerald & Siegler, 1996; Gajdosik y cols., 1994; Jones, Stratton, Reilly & Unnithan, 2005; López-Miñarro, Muyor & Alacid, 2011c; López-Miñarro y cols., 2008b; Rodríguez y cols., 2008a), como por ejemplo un aumento de la cifosis dorsal y flexión lumbar (López-Miñarro y cols., 2014b; López-Miñarro, Alacid & Rodríguez, 2010c; Melrose y cols., 2007; Gajdosik y cols., 1994; Santonja y cols., 1995), que se asocia a un aumento del estrés de cizalla anterior (McGill, 2002; Yingling & McGill, 1999), y una mayor presión en la parte anterior de los cuerpos vertebrales (Santonja y cols., 1995; Ferrer, 1998; Pastor, 2000), generando así diversas repercusiones sobre el raquis dorso-lumbar (Ferrer, 1998), como algias lumbares (Biering-Sorensen, 1984; Cailliet, 1988; Wherenberg & Costello, 1993), protrusión del núcleo pulposo y desgarros en las fibras más internas del anillo fibroso, hernias

discales (Harvey & Tanner, 1991; Takata & Takahashi, 1994), deformación de los tejidos visco-elásticos del arco posterior del raquis (Gedalia, Solomow, Zhou, Baratta, Lu & Harris, 1999), alteraciones de la charnela lumbosacra, hernias y más probabilidad de agravar alteraciones ya existentes como las espondilólisis (Santonja y cols., 1995; Standaert & Herring, 2000). No obstante, la relación entre la extensibilidad isquiosural y el dolor lumbar ha sido analizada en varios estudios, obteniendo resultados contradictorios (Esola y cols., 1996; Halbertsma, Göeken, Hof, Groothoff & Eisma, 2001; Nourbakhsh & Arab, 2002; Stutchfield & Coleman, 2006).

Además, varios estudios han relacionado una reducida extensibilidad isquiosural con un mayor riesgo de lesiones musculares (Cabry & Shiple, 2000; Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen & Crielaard, 2002; Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier, 2003). Se ha constatado, en diferentes investigaciones, que las posturas y posiciones de mayor flexión intervertebral se asocian con un aumento de la presión intradiscal y un riesgo más elevado de repercusiones raquídeas en las estructuras discales, óseas y ligamentosas al aumentar las cargas compresivas, de cizalla anterior y la presión intradiscal (Briggs, Van Dieën, Wrigley, Creig, Phillips & Lo, 2007; Polga, Beaubien, Kallemeier, Schellhas, Lew, Buttermann, & Wood, 2004; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland & Claes, 1999).

Por todas estas circunstancias, una buena extensibilidad isquiosural es un factor clave en la prevención de patologías de la columna vertebral y de los problemas articulares provocados por la repetición sistemática de movimientos de flexión de tronco. Una adecuada concienciación y trabajo de la extensibilidad isquiosural es muy importante, especialmente en edades en torno al desarrollo puberal, debido a que se produce una disminución marcada de la extensibilidad (Józwiak, Pietrzak & Tobjasz, 1997), que será más acentuada si no se realiza un trabajo sistematizado de esta capacidad.

Son numerosos los estudios que han valorado, especialmente mediante diseños comparativo-correlacionales, la postura del raquis y pelvis entre sujetos con diferente extensibilidad isquiosural, encontrando una gran correlación entre la extensibilidad isquiosural, la inclinación de la pelvis y el rango de flexión del tronco (Bellew, Ford & Shere, 2010; Esola y cols., 1996). En este sentido,

Gajdosik y cols. (1994) así como Tully y Stillman (1997) mostraron, en adultos jóvenes, un rango diferente de flexión raquídea en función de la extensibilidad isquiosural, teniendo menor rango de flexión los que presentaban menor extensibilidad isquiosural. Carregaro y Coury (2009) encontraron que los sujetos con reducida extensibilidad isquiosural presentaban una mayor flexión del tronco y una restricción en el movimiento pélvico al manejar cargas. Sahrman (2002) indicó que al realizar movimientos de flexión máxima del tronco, aquellos sujetos con una reducida extensibilidad presentaban un mayor rango de movimiento intervertebral.

En deportistas, diversos estudios han encontrado la misma relación, de modo que aquellos con menor extensibilidad de la musculatura isquiosural presentan mayor cifosis torácica y menor inclinación pélvica en posiciones de flexión del tronco con rodillas extendidas (Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2011; López-Miñarro y cols., 2013b; López-Miñarro y cols., 2014a) o incluso en posiciones específicas de su deporte, como en el caso de ciclistas al pedalear en la bicicleta (Muyor, 2010; Muyor y cols., 2011; Usabiaga, Crespo, Iza, Aramendi, Terrados & Poza, 1997).

1.6. ¿CÓMO MEDIR LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL?

Para determinar el nivel de extensibilidad de la musculatura isquiosural se hace necesaria la realización de pruebas que ofrezcan una valoración cuantitativa objetiva. Existen diferentes test para la valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Por un lado, los test de recorrido angular, y por otro los test lineales, que miden la distancia alcanzada en un movimiento de flexión del tronco.

1.6.1. Test angulares.

Los test angulares valoran el rango de movimiento de flexión de cadera o extensión de rodilla, si bien es preciso controlar diversas variables para obtener un resultado válido y fiable (López-Miñarro y cols., 2008b, 2009d). Otra opción utilizada es determinar, en la posición de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas, la disposición de la pelvis y la parte inferior del raquis lumbar (ángulo lumbo-horizontal en flexión o ángulo lumbo-vertical en flexión)

utilizando un goniómetro (Ayala, Sáinz de Baranda, De Ste & Santonja, 2012d), o bien la inclinación de la pelvis, utilizando un inclinómetro (Ayala, Sáinz de Baranda, De Ste & Santonja, 2012c; Cornbleet & Woolsey, 1996; Liemohn, Martin & Pariser, 1997; Youdas, Krause & Hollman, 2008), o un *Spinal Mouse* (López-Miñarro, Muyor & Alacid, 2011b; Muyor y cols., 2011). Diversos autores consideran que el test de elevación de la pierna recta es el más aconsejable para la determinación de la extensibilidad de la musculatura isquiosural (Ferrer, 1998; Hyytiäinen, Salminen, Suvitie, Wickström & Pentty, 1991; Santonja y cols., 1995). No obstante, su realización requiere del control de diversas variables que pueden influir en el resultado, tales como la posición del tobillo de la extremidad evaluada, la fijación de la pelvis, y la decisión del momento en el que se realiza la medición del ángulo de flexión coxofemoral. Por estos motivos se trata de un test que requiere de un adecuado entrenamiento y de, al menos, dos exploradores para realizar la medición de la forma más objetiva posible.

Los test angulares más utilizados para medir la extensibilidad de la musculatura isquiosural son los siguientes:

- Test de Elevación de la Pierna Recta (EPR).

También conocido como *Straight Leg Raising* (SLR), se trata de uno de los test clínicos para la medición de la extensibilidad isquiosural más utilizados en el contexto clínico y en la investigación aplicada. A diferencia de otros, en este test la rodilla se encuentra extendida y la cadera en posición neutra, flexionándola progresivamente, bien de forma activa por el sujeto o pasiva por un investigador. Esta flexión coxofemoral finaliza, bien cuando el sujeto manifiesta dolor en el hueco poplíteo, o bien cuando se observa una evidente retroversión de la pelvis. Se puede realizar de forma pasiva siendo, una persona la encargada de levantar la pierna del sujeto o de forma activa, donde el sujeto levanta, por él mismo, la pierna sin ayuda externa.

Para poner en práctica este test, es necesario utilizar algún sistema que permita valorar el ángulo de flexión coxofemoral, como un goniómetro o inclinómetro, que permitirá medir el ángulo de inclinación de la pierna respecto a la horizontal. Este deberá ser preciso y capaz de regular la altura como el

isquiogoniómetro. Para efectuar la medición, se considera un valor de 0 grados como la posición inicial de reposo (figura 3).

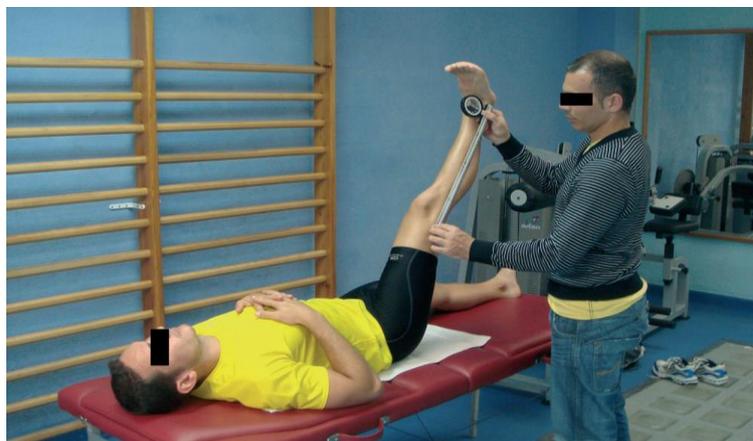


Figura 3. Test de elevación de la pierna recta
(Ayala, Sáinz de Baranda, Cejudo, & Santonja, 2012b)

Ferrer, Santonja y Carrión (1996) valoraron la extensibilidad isquiosural de 926 escolares con el test de EPR encontrando un 41,5% de chicos y un 19,8% chicas con una cortedad isquiosural grado I y un 11,6% de chicos y un 7% de chicas con grado II. Santonja y cols. (1995) también analizaron la cortedad isquiosural de 521 estudiantes de Primaria y Secundaria con este test encontrando un 28% de cortedad en los niños y un 8,9% en las niñas. Siguiendo la misma línea de investigación, Ferrer (1998) encontró un 28% de alumnos con cortedad isquiosural grado I y un 11,1% con cortedad grado II en la pierna derecha y un 27,6% con cortedad grado I y un 13,3% con cortedad grado II en la pierna izquierda en 919 escolares mientras que Pastor (2000) encontró valores más altos con un 48% de casos con cortedad grado I y un 21% de cortedad grado II en la población infantil utilizando el test EPR.

A la hora de valorar la extensibilidad isquiosural, frecuentemente se ha realizado con test angulares debido a su mayor especificidad (López-Miñarro y cols., 2008c), siendo el test de elevación pasiva de la pierna recta la técnica de exploración clínica más adecuada (Ferrer, 1998; Hyytiäinen y cols., 1991; Santonja y cols., 1995). Esto es debido en gran medida a que los goniómetros

utilizados en su aplicación son instrumentos válidos y altamente precisos para medir la extensibilidad isquiotibial, siendo considerados como criterio de medida (Baltaci Tunay, Besler & Gerceker, 2003; Lemmink, Kemper, de Greef, Rispen, & Stevens, 2003; Patterson, Wiksten, Ray, Flanders & Sanphy, 1996).

Además, el EPR es el más utilizado y adecuado para la exploración clínica de la musculatura isquiosural por ser de fácil, cómodo y rápido de realizar presentando inconvenientes que pueden superarse con facilidad. En gran parte de los estudios analizados se encuentra una buena correlación entre el test EPR y los test de flexión de tronco. Por ello, se considera que estos últimos pueden ser útiles para llevarse a cabo con grandes grupos de personas (colegios, entidades deportivas, etc.) debido a su alta repetitividad, aunque de menor especificidad.

Muchos autores recomiendan utilizar el test de elevación de la pierna recta para determinar la extensibilidad de la musculatura isquiosural, aunque para usarlo de forma fiable y precisa se requiere controlar diversas variables que pueden influir en los resultados obtenidos, como la dirección de la pierna levantada, la fijación de la pelvis por parte del investigador, o la propia sensación de tirantez por parte del sujeto. Por todo ello, se trata de un test que necesita de formación y entrenamiento previo antes de ser utilizado. Además, para llevarlo a cabo de forma fiable es necesario contar con al menos dos personas, permitiendo así controlar todas las variables que inciden en el resultado aportado por el test.

Otra variable del test EPR que afecta a los resultados y, por lo tanto, a su validez se trata de la utilización del goniómetro o inclinómetro para obtener los datos en grados. Aunque los dos instrumentos presentan una gran fiabilidad, la Asociación Médica Americana (2001) recomienda usar el inclinómetro antes que el goniómetro ya que considera que el inclinómetro es más preciso y fiable. Al analizar los estudios que utilizan los dos instrumentos, gran parte de las investigaciones utilizan un goniómetro para la obtención de la máxima flexión pasiva de la cadera (Castro-Piñero y cols., 2009; Cornbleet & Woolsey, 1996; Hartman & Looney, 2003; Hui y cols., Hui & Yuen, 2000; Jackson & Baker, 1986; Jones y cols., 1998; Patterson y cols., 1996; Rodríguez-García y cols., 2008) siendo muy pocos los que utilizan un inclinómetro (López-Miñarro y cols.,

2008c; 2008e; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Andújar y Rodríguez, 2009a; López-Miñarro, 2010).

Al analizar la validez de estos test, las investigaciones se han centrado en cuantificar clínicamente el movimiento acompañante de la pelvis ya que puede interferir notablemente en los resultados. Para ello, se diseñan nuevos goniómetros y se perfecciona la técnica de medición, convirtiendo el test en una prueba muy lenta y complicada de realizar, perdiendo eficacia e interés en su utilización. Otro problema para realizar de forma válida este test es limitar, fijar y estandarizar la posición de la pelvis, evitando su basculación en sentido posterior. Para ello, se suelen usar diferentes sistemas, como la colocación de cintas de fijación en la zona de la cresta ilíaca y parte superior del muslo, o un soporte lumbar llamado "Lumbosant" que limita la flexión y la retroversión de la pelvis en el momento de realizar la flexión coxofemoral y así hacer aún más fiable y válido este test (Gajdosik, Riek, Sullivan y Wightman, 1993).

Uno de los inconvenientes que tienen estas pruebas es la falta de colaboración de los sujetos a la hora de realizar la elevación de la pierna o de contraer o relajar la musculatura, especialmente con los de menor edad. Por otro lado, también es difícil llevar a cabo estas pruebas con personas musculadas ya que el explorador tiene que realizar mucha fuerza para realizar el movimiento lo que supone en ocasiones cometer errores en la medición de la extensibilidad isquiosural.

A pesar de ello, la aplicación de los test angulares requieren de una formación y cualificación técnica determinada (Castro-Piñero, Chillón, Ortega, Montesinos, Sjöström & Ruiz, 2009) para poder controlar todas aquellas variables que pudieran influir o contaminar el resultado (López y cols., 2008c). Por ello, en muchas situaciones su uso no es factible por todos los entrenadores.

Por otro lado, Gajdosik y cols. (1993), así como Li, McClure y Pratt (1996) plantean que antes de proceder a la aplicación de este test, es recomendable realizar algunos ejercicios de estiramiento isquiosural, pues así existirá una menor variabilidad en las medida, sobre todo si se utilizan dos o más mediciones y posteriormente se utiliza la media de estos valores para el análisis estadístico.

- Test del ángulo poplíteo o test de extensión de rodilla (AP).

Para ejecutar el test angular de extensión de rodilla, se coloca al sujeto en la posición de decúbito supino sobre una esterilla o camilla, se coloca la pierna a valorar con una flexión de cadera y rodilla de 90°, y se procede a realizar una extensión lenta y progresiva de la rodilla, hasta el máximo rango de movimiento posible, midiendo el ángulo que falta para alcanzar la extensión completa (se considera 0 grados cuando se consigue la extensión completa de la rodilla). En caso de usar un goniómetro, éste se sitúa en la cara lateral de la rodilla, haciendo coincidir su eje de giro con el de aquella (figura 4).

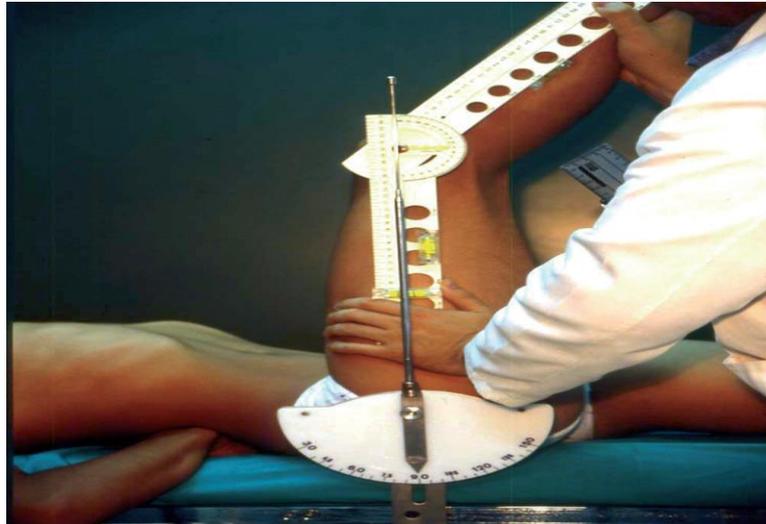


Figura 4. Test del ángulo poplíteo

(Ayala y cols., 2012b)

Al analizar la extensibilidad isquiosural de 769 escolares mediante el test del ángulo poplíteo, Brodersen y cols. (1994) encontraron un 75% de cortedad en chicos y un 35% en chicas. También Espiga (1992) obtuvo utilizando este test en 1350 adolescentes una prevalencia del 20,9% de cortedad de la musculatura isquiosural (29,4% en chicos y 7,9% en chicas).

La principal ventaja de este test radica en que solo implica en su realización a una articulación (de manera teórica) para medir la extensibilidad

de la musculatura isquiosural. Entre sus inconvenientes principales se destaca la subjetividad y la imprecisión en la medición que da lugar a errores en su ejecución. Para reducir estos errores de medición se recomienda utilizar goniómetros de rama larga u otros diseñados específicamente para este test como el transportador de pared, isquiogoniómetro o el goniómetro modificado de goniómetro con brazo pivotante (Fisk Baigent & Hill, 1984). Todos ellos necesitan de experiencia y formación por parte del explorador.

En estos test es complicado diferenciar en los sujetos con marcada hipermovilidad lumbar entre el movimiento de las articulaciones coxofemorales y el de retroversión pélvica y flexión lumbar. Una manera de hacerlo es colocar la mano debajo del raquis lumbar para detectar los cambios de presión o palpar la espina ilíaca antero-superior. A pesar de ello, estas correcciones no evitan la subjetividad de la prueba. Otros autores como Goeken y Hofl (1991) prefieren medir de manera indirecta la lordosis lumbar.

Las mayores dificultades que se observan en este test son la basculación de la pelvis y la flexión del raquis lumbar ya que dificultan la ejecución, interpretación y estandarización de los resultados (Kendall, Peterson & Geise, 2005).

Ayala y cols. (2012b) destacan que el test del ángulo poplíteo, a pesar de que se le ha atribuido una menor basculación de la pelvis respecto a otros test, no elimina ésta, y necesita de un goniómetro con ramas largas para obtener de la bisectriz del muslo y la pierna. Estos autores opinan que es más difícil realizar por una sola persona, ya que el explorador tiene que realizar varias tareas de manera simultánea, como ejecutar y controlar la extensión pasiva de la pierna, lograr que el participante mantenga una flexión de la cadera de 90° en la pierna valorada, sujetar el goniómetro para poder medir el ángulo alcanzado, así como controlar la pelvis para que no bascule ni que el miembro contralateral se eleve de la superficie de contacto.

- Test lumbo-vertical y test lumbo-horizontal en flexión.

Estas pruebas miden la retroversión o la basculación de la pelvis obteniendo información de las posibles repercusiones en la extensibilidad de la

musculatura isquiosural (Santonja & cols., 1995; Santonja & Martínez, 1992). Este test se fundamenta en que esta musculatura se inserta en la tuberosidad isquiática de la pelvis y su extensibilidad podría tener gran influencia en los movimientos de flexión máxima de tronco (Congdon, Bohannon & Tiberio, 2005; López-Miñarro & cols., 2008b).

Este test se realiza en la posición de máxima flexión donde se mide el ángulo de apertura entre el sacro y la porción más caudal del raquis lumbar con la horizontal (figura 5) o la vertical (figura 6). Actualmente, se utiliza la medida del ángulo suplementario con la intención de unificar los criterios de valoración de las pruebas exploratorias (Gajdosik & Lusin, 1983).

Igual que ocurre en el test EPR, la posición del tobillo podría alterar los datos obtenidos del ángulo Lhfx y Lv. Por ello, Cardoso, Azevedo, Cassano, Kawano, y Ambar (2007) proponen colocar el tobillo en una posición neutra a la hora de medir el ángulo de inclinación de la pelvis evitando así la posible alteración de la musculatura isquiosural aunque después, Kawano, Ambar, Oliveira, Boer, Cardoso & Cardoso (2010) afirmaron que esa posición del tobillo altera de manera significativa los datos obtenidos de la máxima flexión de tronco.



Figura 5. Test lumbo-horizontal en flexión (Ayala y cols., 2012b)



Figura 6. Test lumbo-vertical en flexión (Ayala y cols., 2012b)

Estos test se diseñaron con la intención de valorar la extensibilidad de la musculatura isquiosural de manera más sencilla eliminando las limitaciones del resto de test angulares (necesidad de dos exploradores, rotación pélvica) y lineales (influencia de factores antropométricos y movimientos de articulaciones como la escapular y vertebral) (López-Miñarro & cols., 2008b). A pesar de ello, este test es menos utilizado debido a las carencias que presenta ya que, dependiendo de la disposición sagital del raquis del sujeto y a sus múltiples variables no controladas, hace subjetivos y difícilmente comparables los resultados obtenidos.

Son muy pocos los estudios que desarrollan o analizan este test de medición de la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Solamente el estudio de López-Miñarro, Sáinz de Baranda y Rodríguez-García (2009) ha analizado con más detalle el ángulo lumbo-horizontal en flexión comparándolo con otros test angulares y lineales.

1.6.2. Test lineales.

Por su parte, los test lineales valoran la distancia alcanzada respecto a la tangente de las plantas de los pies cuando se realiza una flexión máxima del tronco con rodillas extendidas. Se trata de una medida indirecta de la extensibilidad isquiosural ya que la distancia alcanzada es el resultado de la interacción de varios elementos (López-Miñarro, García & Rodríguez, 2010a),

al implicar a diversas palancas articulares y estar influidos por la relación antropométrica de miembros superiores e inferiores, así como la longitud del tronco (Benavent, Tella, González-Millan & Colado, 2008; Liemohn y cols., 1997; Shimon, Martínez, Darden & Clouse-Snell, 2010; Simoneau, 1998), la posición del tobillo (Liemohn y cols., 1997; Simoneau, 1998) y la flexibilidad de la espalda (Simoneau, 1998).

Los test lineales más utilizados para medir la extensibilidad de la musculatura isquiosural son los siguientes:

- *Sit and reach test* (SR)

El SR fue diseñado por Wells y Dillon en 1952, explorando al sujeto sentado, rodillas extendidas y pies en 90° de flexión colocados ambos, contra un cajón de medida especialmente construido para la puesta en práctica de este test. Colocado en esa posición, se insta al sujeto a que lenta y progresivamente flexione el tronco de forma máxima con piernas y brazos extendidos manteniendo la posición final hasta que termine la medición. En esta posición final se valora la distancia existente entre la punta de los dedos y la tangente a la planta de los pies. Son considerados como positivos aquellos valores que sobrepasen la planta de los pies (cero de la regla) y como valores negativos los que no lleguen. La medida de esta prueba se realiza en centímetros (figura 7).

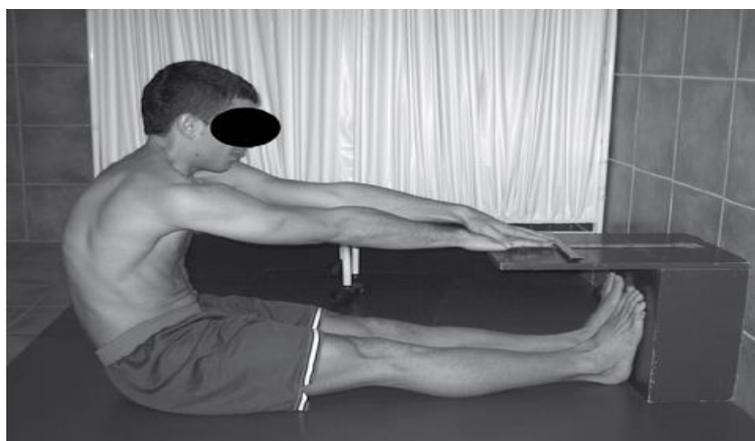


Figura 7. Test *sit and reach* (López-Miñarro, García, & Rodríguez, 2010)

Este test también puede realizarse con flexión plantar con la utilización de un cajón de medida que lo permita. Mayorga-Vega, Merino-Marban y García-Romero (2012) sugieren que la extensibilidad de la musculatura isquiosural utilizando el test *sit-and-reach* debe realizarse permitiendo la flexión plantar ya que encontraron mayor validez en el test *sit-and-reach* con flexión plantar que en el test clásico con alumnos de Primaria.

Peña (2010) encontró en su estudio entre el 53% y el 80,5% de normalidad, entre el 15,5% y el 33% de cortedad grado I y entre el 2% y el 31% de cortedad grado II al analizar la extensibilidad isquiosural de 222 alumnos de Educación Secundaria y Bachillerato mediante el test SR. En la investigación de Santonja y cols. (1995) con 521 escolares de Primaria y Secundaria se analizó la extensibilidad isquiosural de los sujetos mediante el test SR concluyendo que los niños presentaban un 28% de cortedad y un 8,9% las niñas. En la misma línea de investigación, Sáinz de Baranda (2002) encontró que un 43,7% de alumnos de Primaria presentaban cortedad isquiosural mediante la utilización del test SR mientras que Fernández (2011) obtuvo un 56,8% de normalidad, un 29,5% de cortedad grado I y un 13,63% de cortedad grado II.

Las ventajas principales que se le atribuyen a este test son: presentar un procedimiento simple de administrar sin necesidad de mucha experiencia previa, tener unas instrucciones muy fáciles de entender y ofrecer la posibilidad de aplicarse a un gran número de personas en un periodo de tiempo corto. Por esta razón, este test ha sido incluido en muchas baterías de test físicos para la medición de la extensibilidad isquiosural (López-Miñarro, Sáinz de Baranda, García & Toro, 2007). El test SR también se utiliza muy frecuentemente en las clases de Educación Física para evaluar la flexibilidad isquiosural al trabajar contenidos del bloque de Actividad Física y Salud en Bachillerato o el bloque de Condición Física y Salud en Educación Primaria y Secundaria. Esto es debido a que el tiempo en las clases de Educación Física es muy limitado, y se hace necesario recurrir a pruebas que sean eficaces, fáciles y rápidas de realizar, como es el caso de este test (Rodríguez y cols., 2008).

La principal desventaja de este test es que necesita un cajón de medida específico que puede ser comprado o construido para poder ponerlo en práctica aunque otros autores también utilizan materiales propios de los centros educativos como los bancos suecos.

- Test *sit-and-reach* modificado (MSR)

Los protocolos *sit and reach* implican un movimiento global del cuerpo en el que los factores antropométricos y de flexibilidad articular del hombro, raquis y extremidades superiores pueden influenciar los resultados obtenidos. En este sentido, Hoeger, Hopkins y Button (1990) consideraron buscar una variante al original SR con el objetivo de controlar los posibles errores relativos a la desproporcionalidad en la longitud de miembros citados. De esta forma, sujetos con una elevada longitud de piernas y una reducida longitud de tronco podrían presentar cortedad isquiosural en este test y una extensibilidad muscular aceptable en un test angular.

Por todo ello, Hoeger y cols. (1990), diseñaron una nueva versión del SR llamada “modificado *sit and reach*”. Este test fue propuesto diferenciarse con el original por la posición final de máxima flexión de tronco y la posición inicial cuando el sujeto se encuentra sentado y con la espalda recta y vertical en relación al suelo.

De la misma forma que el SR, necesita un cajón de medición con una regla milimetrada colocada sobre su para poder llevarlo a cabo. Este test se realiza con el sujeto sentado, con la cabeza, la espalda y la cadera apoyadas contra la pared (90° de flexión de cadera), con ambas piernas completamente extendidas y con la planta del pie totalmente apoyada sobre la superficie del cajón de medición (90° de flexión dorsal). En esta posición, el sujeto colocará una mano sobre la otra y, manteniendo la cabeza, la espalda y la cadera en contacto con la pared, realizará un movimiento hacia delante valiéndose exclusivamente de una abducción escapular. En esta posición se registrará la distancia de los dedos de ambas manos hasta el cajón de medición además de la distancia entre la yema de los dedos y el punto en el cual las plantas de los pies están apoyadas contra el cajón de medición. Esta distancia constituirá el

punto de referencia. Después de la fijación de este punto de referencia, el sujeto realiza una flexión máxima de tronco similar a la del SR manteniendo la postura hasta la medición. El resultado final del test será la distancia alcanzada durante la máxima flexión de tronco, tomando como punto de partida la referencia inicial o cero relativo previamente establecida y se medirá en centímetros (figura 8).



Figura 8. Test Modificado *sit-and-reach* (Sáinz de Baranda y cols., 2012)

- *V sit-and-reach test* (VSR)

Este test fue diseñado con el objetivo de permitir la realización del test SR sin la necesidad de utilizar un cajón de medición. Para ponerlo en práctica requiere que el sujeto se sienta en el suelo sin un cajón, con los pies separados separadas 30 cm entre sí, y con las rodillas extendidas. En medio de las dos piernas se coloca una regla (figura 9).

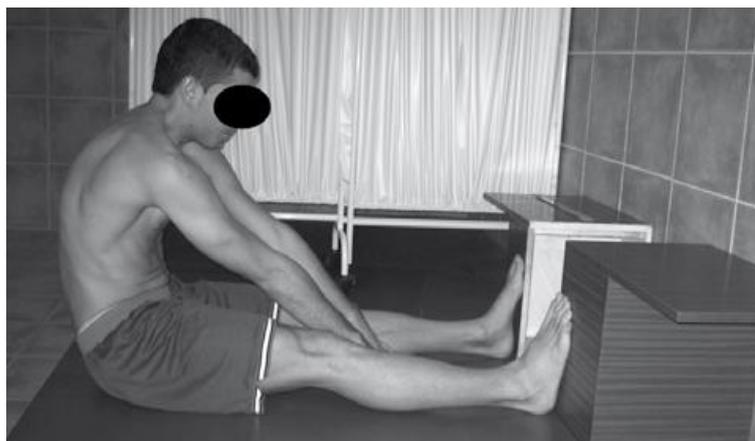


Figura 9. Test V *sit-and-reach test* (López-Miñarro y cols., 2010a)

La diferencia con el SR radica en que este test se realiza con las piernas separadas y sin cajón de medida lo que requiere un mayor rango de movimiento del raquis que influye en los resultados obtenidos. Esto es debido a la inferior posición horizontal del tronco y a una mayor flexión del raquis al realizarse sin cajón.

- *Back-saver sit-and-reach test* (BSSR)

Este test surgió con la intención de mejorar la salud del raquis durante la ejecución del SR. En este sentido, Caillet (1988) sugirió que el estiramiento simultáneo de la musculatura isquiosural de ambas piernas durante el SR podría influir negativamente en la salud del raquis. Para Caillet (1988), el movimiento de máxima flexión de tronco requerido para el SR produce una aproximación de la parte anterior de las vértebras, produciendo un aumento de presión en ellas, aumentando la compresión raquídea. Liemohn, Sharpe y Wasserman (1994a) afirmaron que la flexión de una cadera se relacionaba con una retroversión de la pelvis que podría reducir el momento de flexión del tronco y teóricamente disminuiría la presión intradiscal aunque posteriormente Liemohn, Sharpe y Wasserman (1994b) afirmaron que ese estrés vertebral también ocurría en el test SR al analizar el movimiento de la zona lumbosacra. Por otro lado, López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Andújar & Rodríguez (2009a) indicaron que la posición de las extremidades en la BSSR no influye en las

posturas de la pelvis y la curvatura lumbar en la posición de máxima flexión del tronco con las rodillas extendidas.

Por todo ello, en 1993 el Instituto Cooper para Investigaciones Aeróbicas reemplazó el SR por el BSSR como uno de sus 6 componentes de la condición física saludable conocidos como *Fitnessgram*. Este test necesita un procedimiento y material para llevarlo a cabo muy similar al SR, excepto porque se flexiona una de las piernas y la planta del pie se coloca contra el suelo a 5-8 cm de la rodilla extendida. Esta flexión de cadera y de rodilla aumenta la implicación del abductor y del glúteo mayor, pudiendo limitar el movimiento de flexión de tronco. En el BSSR, sólo se evalúa una pierna al mismo tiempo, por lo que se considera un test unilateral (figura 10).

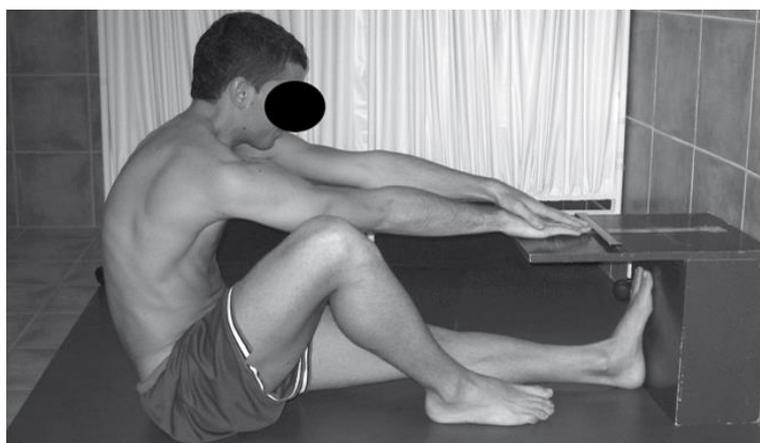


Figura 10. Test *Back-saver sit-and-reach*

(López-Miñarro y cols., 2010)

El test BSSR continuó con las ventajas que fueron sumando los diferentes test longitudinales anteriores añadiéndole la posibilidad de evaluar independientemente cada uno de los miembros inferiores y así proporcionar información al explorador sobre la posible existencia de desequilibrios entre ambas piernas.

No obstante, la realización de este test sigue necesitando un cajón especial de medición, considerándose una de sus mayores. Además, proporciona una sensación del discomfort en el sujeto a la hora de ejecutar el

test debido a dos causas principales: la anormal posición angular de la cadera cuando el sujeto está realizando la máxima flexión de tronco y la implicación de los aductores y glúteos cuando la rodilla está flexionada que limita el movimiento de estiramiento hacia delante (López-Miñarro & cols., 2010).

- Test *back-saver sit-and-reach test* modificado (MBSSR)

Hui y Yuen (2000) diseñaron y establecieron una versión modificada del BSSR, que se ejecutaba unilateralmente sobre un banco sueco y se situaba una regla de medición de 30 centímetros, colocando la pierna no valorada en el suelo y con una flexión de cadera de 90° aproximadamente. De esta forma, esta versión modificada del BSSR incorpora todas las ventajas del VSR y BSSR no siendo necesaria la utilización de un cajón de medición. En este caso, solo se precisa de una regla milimetrada y un banco sueco, fácilmente accesible en el contexto escolar, permitiendo además una evaluación unilateral de la extensibilidad isquiosural (figura 11).



Figura 11. Test Modificado *back-saver sit-and-reach*

(Sáinz de Baranda, Ayala, Cejudo & Santonja, 2012)

- *Chair sit-and-reach* (CSR)

El BSSR modificado fue adaptado con la intención de realizarse con seguridad por personas mayores, empleando para ello una silla. De esta

manera, el sujeto sentado sobre el borde externo de una silla o banco, debe realizar una flexión máxima de tronco con la pierna que va a ser valorada, totalmente extendida, y manteniendo la otra pierna flexionada (figura 12). Este método intenta dar solución a las dificultades que presentan las personas mayores para mantener una postura de sedentación en el suelo.



Figura 12. Test *Chair sit-and-reach*.

(Sáinz de Baranda y cols., 2012)

- *Toe-Touch Test* (TT) o test de distancia dedos-suelo (DDS)

La primera vez que se cita el test *toe-touch* fue en 1945, presentando una técnica de ejecución muy parecida al SR con la diferencia de que se realiza en bipedestación. Para realizarlo, el sujeto se sitúa de pie sobre el cajón de medida, con las rodillas extendidas y pies separados a la anchura de los hombros, realizando una flexión máxima de tronco sin flexionar las rodillas y con los brazos y palmas de las manos extendidas sobre la regla del cajón, para alcanzar la máxima distancia posible (figura 13).



Figura 13. Test *Toe-Touch* (López-Miñarro y cols., 2010)

Rodríguez (1998) concluyó en su investigación tras valorar la extensibilidad isquiosural mediante el test dedos-suelo que un 33% de escolares presentaban cortedad isquiosural, teniendo mayor prevalencia en Educación Secundaria ascendiendo a casi un 50%. Bado, Barros, Ruiggero y Navillat (1964) también analizaron la extensibilidad isquiosural utilizando el mismo test con 800 escolares de Primaria y Secundaria, encontrando una cortedad isquiosural del 22,8%, correspondiendo el 78,6% al grado I y el 21,4% al grado II mientras que Jordá (1971) encontró un porcentaje de cortedad entre el 14% y el 20% utilizando el test dedos-suelo en escolares de la misma edad.

Al igual que el test SR, sus principales ventajas son la fácil aplicación en cualquier medio, la utilización de un material sencillo y asequible para su puesta en práctica y la reproducibilidad de los test en la valoración. En cuanto a los inconvenientes, presenta los mismos que el SR tradicional, en especial la influencia de los factores antropométricos (brazos largos con piernas cortas o viceversa) que pueden ser más significativos en jóvenes por el desigual ritmo de crecimiento de los distintos segmentos corporales, influyendo directamente en los resultados obtenidos en el test. Esto puede dar lugar a diagnósticos erróneos de cortedad funcional de la musculatura isquiosural.

Otro gran inconveniente se trata de la inclusión de toda la flexibilidad posterior del cuerpo por la implicación de múltiples palancas articulares (tobillos, rodillas, caderas, pelvis, raquis, hombros y codos), lo que provoca la

posibilidad de influenciar los resultados debido a la existencia de alteraciones frecuentes que asientan en el raquis tales como la hipercifosis dorsal (postural o estructurada), la hipermovilidad lumbar, la actitud cifótica lumbar dinámica evidenciada en sedentación o la flexión anterior de tronco. Todos los resultados obtenidos en estos casos están incrementados como consecuencia de la hiperflexión del segmento lumbar y/o dorsal, lo que nos proporcionaría una valoración errónea de la musculatura isquiosural.

La evaluación de la extensibilidad isquiosural se trata de un contenido que se encuentra inmerso en los centros educativos de nuestro país y que ha dado lugar a controversia, debido a la amplia variedad de test de medición y al establecimiento de los límites entre la normalidad y grado de cortedad. De todos los test descritos anteriormente, son los test longitudinales los más utilizados en el ámbito de la Educación Física con el objetivo de determinar la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Por este motivo, se puede observar la inclusión de estas pruebas en muchas baterías de test de valoración de la condición física con respecto a la flexibilidad.

De acuerdo con Hui y Yuen (2000), de todos los test lineales, el *sit-and-reach* y el *toe-touch* son los más frecuentemente utilizados para valorar la extensibilidad de la musculatura isquiosural a pesar de que se tratan de mediciones indirectas que involucran a diversas palancas articulares (antepulsión escapular, flexión intervertebral y relación entre parámetros antropométricos). Esto es debido a que estas pruebas son más fáciles y rápidas de utilizar además de que necesitan muy poco material para ponerlas en práctica.

1.7. VALIDEZ Y FIABILIDAD DE LOS TEST DE EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL

La fiabilidad de un test también es conocida como la confiabilidad y hace referencia a la ausencia de errores de medición, es decir, al nivel de consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos en los procesos de medición cuando se usa el mismo instrumento.

La validez de un test de medida podría definirse como el grado de precisión con el cual dicho test mide exactamente aquello que se ha propuesto medir, es decir, el grado de consecución de su objetivo. La validez de un test puede verse comprometida por las características individuales de la población a la que vaya dirigido y no tiene que estar vinculada a la fiabilidad necesariamente.

1.7.1. Validez y fiabilidad de los test angulares.

De todos los test angulares de medición de la extensibilidad de la musculatura isquiosural es el EPR el que ha sido utilizado en la gran mayoría de investigaciones por las ventajas que se han comentado anteriormente. Por ello, al analizar la fiabilidad de estos test, la bibliografía existente se ha centrado en este test. Norris y Matthews (2005) encontraron en su investigación sobre la fiabilidad del EPR unos valores de correlación de 0.76, destacando que se trata de un test de una fiabilidad moderada.

Estos resultados no estuvieron en consonancia con los obtenidos en el estudio de Shimon y cols. (2010) que afirmaron que el test EPR tiene una fiabilidad muy alta con valores de 0.94. En esta línea de resultados, las investigaciones de Chow, Adams y Herbert (1994), McFarlane (1981) y Million, Hall, Nilsen, Baker y Jayson (1982) concluyeron que este test tiene unos valores de fiabilidad muy elevados con una correlación de 0.95.

Boland y Adams (2000) también concluyeron que el test EPR es muy fiable para medir la extensibilidad isquiosural al observar los valores de correlación obtenidos en su investigación (entre 0.86 y 0.89).

Pino-Ortega, Hernández-Belmonte, Bastida-Castillo y Gómez-Carmona (2018) evaluaron la fiabilidad de un dispositivo inercial para medir la velocidad angular en el test EPR mostrando una fiabilidad muy elevada del dispositivo WIMU PRO™. En esta línea de resultados, Muyor (2017) también analizó la fiabilidad de este dispositivo en el test EPR utilizando un inclinómetro destacando que tiene una fiabilidad muy alta.

Con respecto al estudio de la validez de los test angulares se deben diferenciar dos conceptos: la validez de criterio y la validez concurrente. La prueba más válida para la valoración de la flexibilidad isquiosural es la radiografía (Gajdosik y cols., 1987). Por ello, las investigaciones que pretenden analizar y determinar la validez de un test de medición de la extensibilidad isquiosural deberían utilizar como prueba de criterio la radiografía (validez de criterio).

Ferrer (1998) analizó la validez de criterio de las pruebas de recorrido angular para determinar la extensibilidad isquiosural utilizando las proyecciones radiográficas. En este estudio con 71 niños y adolescentes mediante utilizó las pruebas lineales *sit and reach* y *toe touch* y las angulares AP y EPR además de un análisis radiológico para valorar las repercusiones que presentaban en la columna vertebral. Entre todos los test lineales y angulares valorados, fue el test EPR el que mostro correlaciones más altas y se constituyó como el test con mayor validez seguido del AP.

Por lo tanto, y debido a la dificultad de la realización de investigaciones que utilicen la radiografía, la mayoría de los estudios han evaluado la validez concurrente (definida como el grado en que una medición se relaciona consistentemente con otras mediciones) entre las distintas pruebas de recorrido angular (Gajdosik y cols., 1993; Hoehler & Tobis, 1982; Santonja, Andújar & Martínez 1994).

Las pruebas angulares utilizan técnicas tanto activas como pasivas obteniendo resultados diferentes. Es necesario analizar previamente los estudios que establecen correlaciones entre las distintas pruebas angulares ya que afecta directamente al grado de validez concurrente. En este sentido, se ha observado que la validez concurrente es mayor cuando se comparan diferentes test con la misma técnica (activa-activa o pasiva-pasiva). Las investigaciones de Gajdosik y cols. (1987) y Davis y cols. (2008) así lo reflejan después de analizar la validez concurrente entre las pruebas EPR y AP en sus modalidades activas como pasivas en hombres adultos jóvenes, determinando que obtenían correlaciones más altas cuando las técnicas coincidían en ambos test.

Por otro lado, López-Miñarro (2010) analizó el grado de correlación entre el ángulo de inclinación de la pelvis durante la máxima flexión de tronco

analizando la validez de la prueba angular EPR y las pruebas lineales más populares (SR, TT, BSSR, V, VSR, BSSR y MBSSR). El estudio concluyó que: si se decide utilizar el ángulo Lhfx como medida para determinar la extensibilidad isquiosural, es aconsejable utilizar los test SR y TT en hombres, y el test MBSSR en mujeres, fue el test EPR el que obtuvo mayor validez concurrente.

Gran parte de las investigaciones que analizan la validez concurrente entre pruebas angulares de valoración de la extensibilidad isquiosural similares muestran resultados muy diversos, pudiendo deberse en gran parte a la utilización de diferentes metodologías de exploración para la misma prueba (Gajdosik y cols., 1993; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez-García & Yuste, 2008; Rodríguez, 1998; Santonja y cols., 1994; Youdas y cols., 2008). Por ello, sería recomendable fijar un procedimiento de análisis y valoración concreto para cada prueba que consiguiera estandarizar aspectos tan importantes como utilizar el mismo instrumento de medida (goniómetro, inclinómetro), utilizar cinchas para fijar la pierna contra-lateral, usar un explorador más para sujetar y estabilizar la pelvis y utilizar un soporte lumbar.

Además, la gran mayoría de las investigaciones se han realizado con escolares (Croisier y cols., 2002; Davis y cols., 2008; López-Miñarro y cols., 2008; Troup, JHood & Chapman, 1968) y adultos jóvenes (Cameron & Bohannon, 1993; Gajdosik y cols., 1993; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez-García & Yuste, 2008; Rodríguez, 1998; Santonja y cols., 1994; Rose, 1991; Youdas y cols., 2008). Son muy escasos los estudios que utilizan físicamente activos y deportistas (Gómez, 2007; Rodríguez y cols., 2008b). A pesar de ello, no existen más estudios que comparen la validez concurrente entre las mismas pruebas de forma activa y pasiva.

En la investigación realizada por Shimon, Darden, Martínez y Clouse-Snell (2010) con 53 alumnos de universidad sobre la validez del test de ángulo poplíteo, concluyeron que se trata de un test con una validez media-alta adecuado para ser aplicado en las clases de Educación Física de los centros educativos.

Ayala y cols. (2012) realizaron una revisión bibliográfica de las investigaciones que analizaron la validez de los test angulares concluyendo

que, debido a la falta de estudios que lo analicen, recomienda a clínicos, profesores de Educación Física, fisioterapeutas, preparadores físicos y demás profesionales del ámbito físico-deportivo el empleo de la prueba exploratoria EPR como instrumento para determinar de la extensibilidad isquiosural ya que presenta los mejores valores de validez de criterio y posee un procedimiento exploratorio sencillo y austero en relación a los requisitos materiales.

Pino-Ortega y cols. (2018) analizaron la validez de un dispositivo inercial para medir la velocidad angular en el test EPR destacando que la validez del total de las repeticiones fue perfecta ($r = 1.00$). En este sentido, Muyor (2017) también analizó la validez de este instrumento durante el test EPR utilizando un inclinómetro afirmando que tiene una validez muy elevada.

Otros autores destacan que existen diversas variables que afectan a los resultados y a la validez del test EPR y a su correlación con respecto a los protocolos SR, como son la posición del tobillo (flexión dorsal o flexión plantar) (Boland & Adams, 2000; Gajdosik y cols., 1985) y la estabilidad y posición de la pelvis (Bohannon, Gajdosik & LeVeau, 1985; Fredriksen, Dagfinrud, Jacobsen & Maehlum, 1997). No existen apenas evidencias científicas que tengan en cuenta la estabilización de la pelvis para evitar su inclinación lateral y retroversión y la posición del tobillo (Hartman & Looney, 2003; López-Miñarro, Alacid, Ferragut, Yuste & García, 2008a; López-Miñarro y cols., 2009a; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez-García & Yuste, 2008e; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Yuste & Rodríguez, 2008c). Esta falta de control en las dos variables en el test EPR afecta directamente a los resultados de gran parte de las investigaciones ocasionando el establecimiento de resultados muy diversos.

No obstante, muchas de las investigaciones controlan la disposición de la pelvis (López-Miñarro y cols., 2008a, 2008c, 2008e; Rodríguez-García, López-Miñarro & Yuste, 2008b) presentando valores más altos de correlación de protocolos SR que los que no estabilizan la pelvis (Baltaci y cols., 2003; Castro-Piñero y cols, 2009; Chung & Yuen, 1999; Davis y cols., 2008; Gauvin, Riddle & Rothstein, 1990; Hoeger y cols., 1990; Hui & Yuen, 2000; Hui, Yuen, Morrow & Jackson, 1999; Jackson & Baker, 1986; Jones, Rikli, Max & Noffal, 1998; Liemohn y cols., 1994a; Patterson y cols., 1996; Perret, Poiraudau, Fermanian, Colau, Benhamou & Revel, 2001).

1.7.2. Validez y fiabilidad de los test lineales.

Gran parte de las investigaciones sobre la fiabilidad de los test lineales se han centrado en analizar la de los test SR y BSSR (Baltaci & cols., 2003; Hartman & Looney, 2003; Hui & Yuen, 1998; Hui & cols., 1999; Jones y cols., 1998; Liemohn y cols., 1994a; Liemohn & cols., 1994b; Patterson & cols., 1996; Yuen & Hui, 1998) afirmando que estos test son indicadores moderadamente fiables en la medición de la extensibilidad de la musculatura isquiosural con valores de correlación que van desde 0,39 a 0,76.

López-Miñarro y cols. (2009a) obtuvieron mayores resultados de fiabilidad en estos dos test mostrando coeficientes de correlación entre 0,73 a 0,88. En la misma línea de resultados, Hui y Yuen (2000) también afirmaron que estos test son muy fiables obteniendo valores de correlación entre 0.89 y 0.98.

Otras investigaciones como la de Muyor y cols. (2014a) analizaron la fiabilidad del test TT obteniendo valores muy altos (entre 0.98 y 0.99). En el estudio de Jones y cols. (1998) investigaron sobre la fiabilidad del test CST obteniendo valores de fiabilidad muy elevados siendo 0,92 en hombres y 0,93 en mujeres.

López-Miñarro y cols. (2010a) analizaron la fiabilidad de todos los test lineales obteniendo valores de correlación muy altos en todos los test analizados con valores entre 0,95 y 0,98. En la investigación de Ayala y cols. (2012c) también analizaron la fiabilidad absoluta de los cinco test lineales principales que miden la extensibilidad isquiosural concluyendo que todos son fiables (entre 0.77 y 0.97) aunque son el ST, el TT y el BSSR tienen valores de correlación más elevados.

Con respecto al estudio de la validez de los test lineales, son muchas más las investigaciones realizadas y por lo tanto se pueden establecer conclusiones fundamentadas a partir de los datos analizados.

Entre los diversos test lineales que se utilizan frecuentemente para la medición de la extensibilidad de la musculatura isquiosural, el test *sit-and-reach* y el *toe-touch* obtienen mejores resultados que el resto de test lineales, al presentar mejor validez que el resto de test lineales para la valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural (López-Miñarro y cols., 2010a).

A pesar de ello, una gran parte de estos estudios han analizado y valorado la validez de los test lineales en la población sedentaria tanto con adultos jóvenes (Baltaci y cols., 2003; Chung & Yuen, 1999; Davis y cols., 2008; Hui y cols., 1999; Hui & Yuen, 2000; Liemohn y cols., 1994a; López-Miñarro y cols., 2008a, 2008d, 2009a; Perret y cols., 2001; Youdas y cols., 2008) como con adultos mayores (Jones y cols., 1998; Lemmink y cols., 2003; Youdas & Krause, 2008) siendo más limitados los trabajos realizados en deportistas (López-Miñarro y cols., 2008d; Rodríguez-García y cols., 2008b) y escolares (Ayala, Sáinz de Baranda, De Ste & Santonja, 2011a; Castro-Piñero y cols., 2009; Cornbleet y cols., 1996; Hartman & Looney, 2003; Jackson & Baker, 1986; López-Miñarro, 2008c, 2008e; Patterson y cols., 1996). En este sentido, Pastor (2000) afirmó que los test lineales no son válidos para aplicar en estudios con nadadores adolescentes debido a que producen muchos falsos negativos (diagnóstico de normalidad cuando existe una reducida extensibilidad isquiosural). De la misma forma, Ferrer (1998) propone utilizar el test EPR como el más adecuado para valorar la extensibilidad isquiosural después de analizar después de analizar diferentes test con niños y adolescentes que realizaban diferentes actividades deportivas. Todo ello se puede deber a que la especificidad que tiene cada uno de los deportes en relación a sus gestos técnicos, situaciones, métodos de entrenamiento y capacidades físicas implicadas, puede producir adaptaciones musculoesqueléticas que precisan de un análisis más específico de cada disciplina deportiva.

Todas esas investigaciones destacan que los test *sit-and-reach* muestran una validez moderada para estimar la flexibilidad isquiosural, siendo menor para la valoración de la flexibilidad de la musculatura lumbar.

Además, en ellas se ha encontrado una correlación de baja a moderada del test *sit-and-reach* con el EPR (Ayala y cols., 2012c; Ayala, Sáinz de Baranda, De Ste & Santonja, 2011; Baltaci, Un, Tunay, Besler & Gerçeker, 2003; Hui, Morrow & Jackson, 1999; Hui & Yuen, 2000; López-Miñarro, Rodríguez, Yuste, Alacid, Ferragut & García, 2008c; López-Miñarro, Sáinz, Yuste & Rodríguez, 2008c; Merino, Mayorga & Fernández, 2011; Simoneau, 1998;). Esta baja correlación puede ser debida a diversos factores como la implicación de múltiples palancas articulares (tobillos, rodillas, caderas, pelvis,

raquis, hombros y codos), interfiriendo en los resultados del test gracias a la existencia de alteraciones como la hipercifosis dorsal (postural o estructurada), e hipermovilidad lumbar o actitud cifótica lumbar dinámica.

Este test valora la distancia alcanzada en flexión máxima del tronco a través de una medición indirecta de la extensibilidad isquiosural en la que influyen numerosas variables que afectan a los resultados tales como las medidas antropométricas, las posturas adoptadas por los sujetos y la ejecución de los procedimientos de administración de la prueba (Grenier, Russell & McGill, 2003; Hoeger y cols., 1990; Hemmatinezhad, Afsharnezhad, Nateghi y Damirchi, 2009; Kawano & cols., 2010; Laurence, Pelma & Burke, 1999; López-Miñarro y cols., 2007; Mookerjee, Mills, Millard, Nishimura, Armillei & Marotta, 2003; Rubinfeld, Wygand & Otto, 2002).

Ayala, Sáinz de Baranda, de Ste Croix, y Santonja (2012) realizaron una revisión bibliográfica de las investigaciones que analizaron la validez de los test lineales concluyendo que, de manera general, los test *sit and reach* poseen una validez moderada para determinar la extensibilidad de la musculatura isquiosural no siendo recomendados para valorar la extensibilidad de la musculatura lumbar debido a su baja validez. Por todo ello, recomiendan no utilizar solamente estos test, llevando a la práctica otros test angulares con pruebas exploratorias más específicas para poder obtener así datos más rigurosos y precisos.

De todos los test lineales, la gran mayoría de las investigaciones han analizado la validez y la fiabilidad del *sit-and-reach* por ser el más común y utilizado de todos (Ayala y cols., 2012a; Castro-Piñero y cols., 2009; García, 1995; Lemmink y cols., 2003; Liemohn y cols., 1994a; López-Miñarro, Alacid, Muyor & López, 2010b; López-Miñarro y cols., 2012c; Mayorga-Vega, Merino-Marbán & Viciano, 2014b; Muyor y cols., 2014).

Más específicamente, con el objetivo de determinar la validez de los diversos protocolos de test *sit-and-reach* para valorar la extensibilidad isquiosural y de la musculatura lumbar, Hui y cols. (1999) y Hui y Yuen (2000) analizaron los test CSR, BSSR, VSR y MBSSR en adultos jóvenes. En todos los test obtuvieron valores moderados de validez para estimar la extensibilidad isquiosural pero una correlación baja con respecto a la valoración de la

flexibilidad de la musculatura lumbar siendo el test *sit-and-reach* el que obtuvo valores de correlación más altos. De la misma forma, Koen y cols. (2003) obtuvieron mejor correlación en el test *sit-and-reach* al compararlo con sus diversas variantes.

En la misma línea, López-Miñarro y cols. (2008e) también analizaron la validez de los test el SR y el VSR con adultos jóvenes afirmando que los dos protocolos presentaban valores moderados de validez para medir la extensibilidad isquiosural siendo los valores de correlación del SR un poco superiores a los del VSR tanto para hombres como para mujeres.

En cambio, Rodríguez-García (2008b) analizaron y compararon la validez del SR y del TT como test válido para la valoración de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes físicamente activos concluyendo que el TT es una alternativa bastante válida para el SR obteniendo unos valores de correlación ligeramente superiores al SR. Aunque estos resultados no están de acuerdo con los obtenidos anteriormente por Sáinz de Baranda, (2002) y Lemmink (2003) posteriormente fueron ratificados por López-Miñarro y cols. (2008d) con deportistas de kayak y canoa en edad escolar. Esta mayor correlación del test TT por encima del SR podría ser debida a que en el TT el tronco sobrepasa la horizontal gracias al movimiento de flexión de la pelvis consiguiendo así alcanzarlo con menor flexión vertebral (Kippers & Parker, 1984) y porque en el TT existe una menor limitación de movimiento de la pelvis debido a no estar apoyada en el suelo y a que la gravedad es mayor (López-Miñarro y cols., 2009a). A pesar de ello, ningún estudio ha corroborado estas teorías de manera experimental.

En la misma línea, Cornbleet y Woolsey (1996) destacan en relación a estos dos test que estar sentado en el test SR permite un mejor control de la rodilla y la pelvis aconsejando su utilización con respecto al TT. Por el contrario, Sáinz de Baranda, Rodríguez, Santonja y Andújar (2006) proponen utilizar el TT en sobre el SR ya que los movimientos de flexión de tronco en bipedestación son gestos realizados frecuentemente en actividades de la vida diaria y en muchos deportes.

Por otro lado, López-Miñarro y cols. (2008f) también analizaron y compararon la validez de los test MBSSR, SR y BSSR en adultos jóvenes

concluyendo que todos los test presentaron valores de correlación similares con respecto al EPR siendo el MBSSR el más recomendado para su utilización porque además de que obtuvo una validez ligeramente mayor a la del resto de los protocolos analizados, permite una valoración unilateral de la extensibilidad de la musculatura isquiosural sin la necesidad de tener que adoptar posiciones incómodas.

Con el objetivo de analizar la validez de los test MSR y SR para determinar la extensibilidad isquiosural en 87 niños y adolescentes, Castro-Piñero (2009) realizaron una investigación para concluir que la validez de estos test para estimar la extensibilidad de los isquiosurales es baja siendo el SR ligeramente más válido que SR el MSR. En la misma línea, López-Miñarro y cols., (2008e) concluyeron que el SR es más válido que el VSR para medir la extensibilidad isquiosural en un estudio con 198 jóvenes adultos.

Youdas y cols. (2008) analizaron a 212 sujetos adultos con la intención de valorar la validez del test *sit-and-reach* como técnica para evaluar la extensibilidad isquiosural y no obtuvieron los valores de validez altos que esperaban. Por el contrario, en un estudio con varones universitarios, Chung y Yuen (1999) concluyeron que el test *sit-and-reach* y el *sit-and-reach* modificado son válidos para medir la extensibilidad de los isquiosurales pero no tanto para la flexibilidad de la zona lumbar. En este sentido, López-Miñarro y cols. (2010b) tras analizar la validez de los test *sit-and-reach* clásico y modificado con adultos jóvenes, destacaron el *sit-and-reach* clásico es más aconsejable por tener mayor validez ser más fácil de ejecutar que el modificado.

Otros autores como Hartman y Marilyn (2003) analizaron la validez de los test BSR y ST en 179 niños de primaria concluyendo que el BSR parece ser similar al *sit-and-reach* en cuanto a validez para determinar la extensibilidad isquiosural. López-Miñarro y cols. (2009a) también analizaron y compararon ambos test con adultos jóvenes no encontrando diferencias significativas entre ellos aunque el test *sit-and-reach* mostró una validez ligeramente mayor.

Por otro lado, López-Miñarro y cols. (2008d) analizaron a 64 piragüistas de categoría infantil con la intención de determinar la validez de los test de extensibilidad isquiosural TT y SR concluyendo que la validez de ambos test de medida es moderada y mayor en las chicas aunque con un considerable

número de falsos negativos en los chicos. Al igual que en la investigación anterior, Muyor y cols. (2014a) y López-Miñarro y cols. (2011b, 2012c) analizaron y compararon ambos test con deportistas jóvenes concluyendo que estos son apropiados para determinar la extensibilidad de la columna vertebral y el rango de inclinación pélvica pero no para evaluar la extensibilidad isquiosural en deportistas profesionales.

Una parte de los resultados obtenidos en los estudios anteriores fueron corroborados en la investigación realizada por Merino, Mayorga & Fernández (2011) con triatletas de categoría juvenil ya que afirmaron que, además de presentar el test SR una validez baja como método para determinar la extensibilidad isquiosural, produce un elevado número de falsos negativos.

Aunque la mayor parte de las investigaciones sobre la validez de los test lineales se centran en el test *sit-and-reach* Baltaci y cols., 2003; Castro-Piñero y cols., 2009; Chung & Yuen, 1999; Cornbleet & Woolsey, 1996; Davis y cols., 2008; Hartman & Looney, 2003; Hui y cols., 1999; Hui & Yuen, 2000; Jackson & Baker, 1986; Jones y cols., 1998; Lemmink y cols., 2003; Liemohn y cols., 1994a; López-Miñarro y cols., 2008a, 2008d, 2008e, 2008f, 2009a) otros estudios se centran en analizar diferentes protocolos como el BSSR (Baltaci y cols., 2003; Hartman & Looney, 2003; Hui y cols., 1999; Hui & Yuen, 2000; Jones y cols., 1998; Liemohn y cols., 1994a; López-Miñarro, 2010; López-Miñarro y cols., 2008f, 2009a; Patterson y cols, 1996), el MSR (Castro-Piñero y cols., 2009; Chung & Yuen, 1999; Lemmink y cols., 2003), el VSR (Ferrer, 1998; Hui y cols., 1999; Hui & Yuen, 2000), el MBSSR (Hui & Yuen, 2000; López-Miñarro, 2010; López-Miñarro y cols., 2008f), el CSR (Baltaci y cols., 2003; Jones y cols., 1998) y TT (López-Miñarro y cols., 2008d; Perret y cols., 2001; Rodríguez y cols., 2008a).

Las medidas antropométricas son una de las principales variables que influyen en los resultados obtenidos en los test lineales *sit-and-reach* (Hemmatinezhad y cols, 2009; Hoeger y cols., 1990; Hoeger & Hopkins 1992).

En esta línea, Hoeger y Hopkins (1992) afirman que sujetos con elevada longitud de piernas y reducida longitud de tronco podrían obtener valores de cortedad en el test *sit-and-reach* aunque tuviesen una extensibilidad de la

musculatura isquiosural normal medida a través de un test angular. A pesar de ello, Cornbleet y Woolsey (1996) destacaron que solamente un 8% de los escolares valorados en su investigación mostraron unos valores en el test *sit-and-reach* influenciados por las medidas antropométricas (longitud de brazos, piernas y tronco) o por la extensibilidad muscular (elevada o deficiente) de la columna vertebral.

Además de los factores antropométricos, existen otras variables que influyen en el resultado final de las pruebas *sit-and-reach* como las curvaturas de la columna vertebral (López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez & Ortega, 2007c; López-Miñarro y cols., 2009a), la posición de la articulación del tobillo (Kawano y cols., 2010; Liemohn y cols., 1997) y la posición de la cabeza (Smith & Miller, 1985). De la misma forma que ocurre en los test angulares, la posición del tobillo de la pierna valorada influye en los resultados tal y como afirmó Kawano y cols. (2010) después de encontrar una diferencia entre 3,9 y 4,8 cm en la prueba *sit-and-reach* con el tobillo en posición relajada en comparación con el tobillo en 90° de flexión plantar.

Por otro lado, la posición de la cabeza se trata de otro factor que afecta a los datos obtenidos en las pruebas *sit-and-reach*. En este sentido, Smith y Miller (1995) afirman que la posición de la cabeza en flexión durante la realización del test *sit-and-reach* podría estresar la musculatura erectora del raquis de la zona cervical, reduciendo la capacidad de flexionar el tronco durante las siguientes pruebas lineales de extensibilidad isquiosural.

Aunque en la teoría todas estas variables anteriormente comentadas deberían influir en la validez de las diferentes pruebas *sit-and-reach*, las investigaciones científicas actuales muestran que los test que no están influenciados ni por las medidas antropométricas, ni por tener menor restricción de las curvaturas lumbar y torácica durante la máxima flexión de tronco a la hora de determinar la validez de las pruebas *sit-and-reach* (Hui y cols, 1999; Hui & Yuen, 2000; López Miñarro y cols., 2009a).

Tomando como base de conocimientos todos los estudios que han analizado la validez de los test de medición de la musculatura isquiosural, en la

presente tesis doctoral se utilizará como el test angular más válido el EPR, tanto activo como pasivo. De la misma forma, se utilizarán los test lineales *sit and reach* (Dedos-planta) y *Toe touch* (Dedos-suelo) como los más válidos y útiles a la hora de ponerlos en práctica en las clases de Educación Física con grandes grupos de personas.

1.8. VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS

De acuerdo a la Real Academia Española (2014), la antropometría es el “estudio de las proporciones y medidas del cuerpo humano”. A pesar de ello, son muchos los autores que, debido a su estrecha relación con el movimiento, utilizan como sinónimo el concepto cineantropometría. En este sentido una de las definiciones más importantes fue formulada por Hebbelinck (1987) definiéndola como “el estudio del tamaño, forma, proporcionalidad, composición, maduración biológica y función corporal, con objeto de entender el proceso del crecimiento, el ejercicio, el rendimiento deportivo y la nutrición”. De acuerdo con estudios y trabajos más actuales como el de Esparza y Vaquero-Cristóbal (2017), “la cineantropometría es la ciencia que, midiendo al hombre en movimiento, trata de conocerlo ante todo como receptáculo de vida”.

Debido a que la cineantropometría forma parte del ámbito del cuerpo humano y la salud, son muchos especialistas los que investigan y ponen en práctica todas estas mediciones para aplicarlas a diferentes fines y objetivos. Además, son necesarios una serie de instrumentos para poder llevarla a cabo tales como el segmómetro, la báscula, la cinta métrica, el tallímetro, etc. Estos instrumentos (más conocidos como materiales antropométricos) nos aportan diferentes medidas tales como la talla, el peso, las longitudes de los segmentos corporales o los pliegues cutáneos entre otros.

Para que estas medidas puedan utilizarse de manera estandarizada y así poder ser analizadas y comparadas en los diferentes estudios e investigaciones con uniformidad, se suelen utilizar las directrices propuestas por la International Society of the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) en el mundo y las del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) en nuestro país.

La ISAK establece los protocolos y directrices básicos para valorar la antropometría de los sujetos siendo su estudio más reciente el realizado por Stewart, Marfell-Jones, Olds y de Ridder (2011).

Generalmente, la cineantropometría se divide en tres ramas fundamentales de medición como son: composición corporal, somatotipo y proporcionalidad (Porta, Galiano, Tejedo & González, 1993; Stewart y cols., 2011). La rama de la composición corporal es la más conocida de la antropometría ya que analiza la composición del organismo de los sujetos estableciendo los elementos que los forman desde varios puntos de vista (Porta, Galiano, Tejedo y González, 1993). De todos ellos, el más utilizado es el análisis tisular que se basa en la composición músculo-esquelética, de la sangre, de los órganos, del tejido adiposo, de la piel y del sistema nervioso. Por otro lado, el somatotipo es el menos conocido dentro de la antropometría. De acuerdo con Carter (1996), se encarga de analizar la forma corporal y la composición morfológica del sujeto dividiéndose en los componentes endomórfico, mesomórfico y ectomórfico.

El último de los sistemas de la rama de la antropometría es la proporcionalidad que, como su propio nombre indica, hace referencia a la relación y proporción de los parámetros antropométricos y va a suponer el elemento más importante en la presente investigación. A su vez este se divide en dos sistemas: los índices corporales y los índices Z del Phantom. Este último se fundamenta en la comparación de una variable antropométrica concreta con la de un sujeto con el valor de las variables antropométricas medio y los propios índices Z del Phantom. El modelo Phantom se obtuvo tras el registro de datos de una gran cantidad de sujetos con unas características antropométricas concretas, como la grasa corporal, el peso o la estatura. Además, se trata de un modelo metafórico y unisexual que permite una comparación tanto intrasexual como intersexual.

Esta estrategia de medición ha sido utilizada por diversos estudios para comparar determinadas características morfológicas y de proporcionalidad de los deportistas para obtener conclusiones. En gran parte de las investigaciones, los valores Z que han sido obtenidos se comparan con los datos de referencia de los jugadores y deportistas profesionales de

la misma disciplina, como se puede observar en las investigaciones de Alacid, Muyor y López-Miñarro (2011), Holway y Garavaglia (2009), Ortega de Mancera y Ledezma (2005) y Rodríguez-Bies y Berral de la Rosa (2006). En ellos se destacan las características antropométricas de los jugadores y deportistas, además de determinar la proporcionalidad gracias al método Phantom.

Como se ha citado anteriormente, esta estrategia permite comparar los datos de las investigaciones con los del propio método como es el caso de los estudios de Keogh, Hume, Pearson y Mellow (2008) y Padilla-Pérez, Taylor, Yuhasz y Velázquez-Hernández (2004) sobre la relación entre la proporcionalidad de los deportistas.

Por otro lado, los índices corporales que establecen relaciones entre al menos dos medidas corporales. Se organizan en tres tipos como son: la relación de la estatura con unas medidas determinadas, los índices ponderales que relacionan la talla con el peso y las razones que establecen una relación entre dos medidas antropométricas (Maestre & Ordaz, 2009).

Pacheco (1993) indica que los más utilizados en el deporte son los de la robustez, las extremidades y el tronco destacando por encima del resto el Índice de Masa Corporal (IMC) y se trata del indicador más utilizado en la actualidad en la gran mayoría de estudios que investigan sobre la antropometría en el deporte.

Además del IMC, la descripción de perfiles morfológicos a través de los índices del tronco y/o de las extremidades ha producido mucho interés entre los investigadores. Analizan y establecen diferencias entre sus datos y la élite deportiva, para determinar si tienen unas características estructurales adecuadas para practicar dicha modalidad deportiva (Carratalá, Pablos, Benavent, & Carqués, 2004; Claessens, y cols., 2005; Ortega de Mancera & Ledezma, 2005; Renedo, Núñez, Da Silva, Poblador & Lancho, 2006; Vernetta, Fernández, López-Bedoya, Gómez-Landero & Oña, 2011).

Todos estos elementos han sido analizados e investigados en numerosos estudios con el fin de comprobar diversas hipótesis. En mayor medida, se ha investigado la relación existente entre todos los elementos de la antropometría,

destacando el indicador de la grasa corporal, con la aparición de enfermedades de riesgo no transmisibles como sobrepeso u obesidad, hipertensión arterial o diabetes mellitus entre otras (Abernethy, Olds, Eden, Neill & Baines, 1996; Herrero & Cabañas, 2009; Rosety-Rodríguez y cols., 2013).

Muchos investigadores se centran en el análisis de cómo diversos factores influyen en la evolución de las propias variables antropométricas, destacando la influencia del estilo de vida en general y de la práctica de ejercicio físico en particular (Abernethy & cols., 1996; Aréchiga, Maestre & Herrero, 2009; Prado, Marrodán & del Valle, 2009).

De los tres elementos comentados, es el último factor de la proporcionalidad y su rama de las razones y medidas corporales, el que va a cobrar especial importancia y se va a poner en práctica en la presente tesis doctoral con el objetivo de analizar la influencia de las dichas medidas antropométricas en la realización de los diversos test de extensibilidad de la musculatura isquiosural. Con ello se pretende conseguir una valoración de la validez de los test utilizados decidiendo así si son o no los más adecuados para realizar en las clases de Educación Física de los centros educativos. Además, se pretende valorar las medidas de los diversos test de la manera más justa y eficaz posible, teniendo siempre en cuenta todas las variables que puedan afectar a los resultados.

No existen apenas evidencias científicas de estudios que hayan analizado la relación entre las medidas antropométricas y su influencia en los resultados de los test de medición de la extensibilidad isquiosural. Solamente Hemmatinezhad y cols. (2009), analizaron la influencia de las variables antropométricas en el rendimiento en los test SR y MBSSR encontrando una correlación positiva entre ambas variables. En este sentido, la envergadura de brazos presentó la mayor correlación con el MBSSR y la suma de la longitud de tronco y brazos mostró la mayor correlación en el SR.

Diversos estudios si han analizado la influencia de las medidas antropométricas en diversos test físicos propios de las actividades deportivas. Más concretamente, Cintra, Monteiro, Gomes, Pinheiro, Rodrigues, Cavalcanti y Macedo (2018) encontraron solamente una pequeña correlación entre las medidas antropométricas del trocánter al tibial lateral y del tibial al punto

sphyrion y el test de fuerza máxima en una repetición en 21 mujeres de 20 a 30 años. En este sentido, Borges, Ruiz y Argudo (2017) también encontraron una correlación positiva entre el diámetro biacromial y el agarre máximo y la velocidad de lanzamiento en waterpolo en jugadores adolescentes.

En lo que respecta a los deportes como la vela, Tejada (2012) determinó que, de todas las variables antropométricas analizadas en 123 regatistas entre 10 y 15 años, solamente la mayor longitud del diámetro estiloides de la muñeca tiene una influencia directa sobre el rendimiento en este deporte coincidiendo con lo expuesto en el estudio de Ferragut, Abrales, Manchado y Vila (2015) con jugadores de waterpolo adultos. También Chicoy (2018) evidenció una correlación entre diversos factores antropométricos como las medidas corporales y una mejor técnica de navegación en 30 regatistas entre 15 y 18 años. En esta línea, Ferragut y cols. (2015) además encontraron una correlación positiva de la fuerza de agarre con la longitud del brazo.

Un gran problema que ocurre en estos estudios que investigan sobre la relación entre la antropometría y diferentes técnicas o situaciones deportivas se trata de que no se especifica el profesional que realiza las mediciones y la formación o titulación que tiene, su experiencia o familiarización con la técnica e instrumentos de medición utilizados o el desvío standard de las diversas mediciones repetidas e independientemente unas de otras con la misma persona, constituyéndose todos estos elementos como fundamentales para realizar una medida de datos antropométricos correcta, eficaz y sin errores (Pederson & Gore, 1996).

Es necesario destacar que existen una serie de factores demostrados científicamente que influyen en muchos de los parámetros antropométricos. Prado y cols. (2009) indican que hay grandes evidencias sobre las diferencias existentes entre los parámetros antropométricos, la composición corporal y la suma de los pliegues de hombres y mujeres.

Otro factor importante a analizar que influye de manera significativa en las medidas antropométricas y variables asociadas es la edad ya que la mayoría de las investigaciones incluyeron una muestra de la población adulta (Prado, y cols., 2009).

Además, es necesario tener en cuenta a la hora de analizar los parámetros antropométricos y factores asociados a la influencia del factor de su estado de condición física y de sus conocimientos o experiencia previa en la práctica de dicha actividad ya que condicionará en gran medida los resultados (Aréchiga y cols., 2009).

Por último, es muy importante a la hora de comparar diversas investigaciones sobre las medidas antropométricas y los valores asociados prestar mucha atención a las diferentes técnicas que se han utilizados para obtener datos de una misma variable dependiente, especialmente a las de la composición corporal debido a las grandes variaciones que se producen en función del método o técnica utilizada. Esto es debido a que, a excepción de la disección, todos los métodos para la obtención de datos son indirectos y por lo tanto no son totalmente exactos diferenciando dos tipos de métodos: los métodos indirectos y los métodos doblemente indirectos (Alburquerque, 2008).

1.9. EFECTO AGUDO DE LOS ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

Una gran parte de la investigación se ha centrado en evaluar el efecto de programas de estiramientos musculares, a medio y largo plazo, en la extensibilidad isquiosural. No obstante, existen otros estudios que han evaluado los efectos inmediatos de determinadas intervenciones en esta musculatura. La evaluación de las adaptaciones del entrenamiento de flexibilidad se realiza generalmente a través de la medición del rango de movimiento (ROM) en una articulación (Sands, McNeal, Stone, Russell & Jemni, 2006). Sin embargo, las adaptaciones tienen un carácter multidimensional, y la medida ROM representa solamente una de las dimensiones de la flexibilidad (Weppler & Magnusson, 2010).

La mejora aguda y crónica del rango de movimiento se basa en teorías mecánicas y sensoriales (Taylor, Dalton, Seaber & Garrett, 1990; Weppler & Magnusson, 2010). Una explicación mecánica para la mejora de la flexibilidad es la deformación viscoelástica producida en el músculo, lo que permite una mayor distancia entre el origen e inserción de un músculo (de Weijer, Gorniak &

Shamus, 2003). Otra de las explicaciones mecánicas es la relajación neuromuscular (Weppeler & Magnusson, 2010). Sin embargo, existe una teoría sensorial que justifica la mejora del ROM en base a una mayor capacidad para tolerar el dolor (Magnusson, Simonsen, Aagaard, Sørensen & Kjaer, 1996), modificando la sensación de incomodidad al estiramiento (Magnusson, Aagaard & Nielson, 2000; Weppeler & Magnusson, 2010).

En la mayoría de investigaciones, la mejora de la flexibilidad suele ser el resultado del estiramiento de los músculos utilizando diferentes técnicas (Feland & Marin, 2004). Más concretamente, Anderson, Burke (1991) destacan tres tipos de técnicas que aumentan la flexibilidad de un músculo inmediatamente después de realizar un estiramiento: estática, balística, y facilitación neuromuscular propioceptiva.

Bandy e Irion (1994) afirmaban que a los pocos segundos o minutos tras la realización de estiramientos musculares estáticos, mejoraba la extensibilidad isquiosural.

Varios estudios han analizado el efecto agudo de los estiramientos musculares sobre la musculatura isquiosural (Nelson, 2006; O'hora, Cartwright, Wade, Hough & Shum, 2011; Puenteadura y cols., 2011; Youdas, Haeflinger, Kreun, Holloway, Kramer & Hollman, 2010;). En todos ellos se ha valorado el efecto agudo de los estiramientos musculares mediante algún test angular (Halbertsma, van Bolhuis & Göeken, 1996; Spornoga, Uhl, Arnold & Gansneder, 2001), encontrando mejoras inmediatas en el rango de movimiento.

López-Miñarro, Muyor, Belmonte y Alacid (2012a) encontraron una mejora en el test de elevación de la pierna recta de entre 5-12°, tras un protocolo de estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural de 8 minutos de duración. En otro estudio, López-Miñarro y cols. (2012d) encontraron mejoras en la extensibilidad isquiosural en el test de elevación de la pierna recta y en el *sit-and-reach* después de realizar un protocolo de calentamiento basado en 4 estiramientos musculares estáticos de dicha musculatura. En la misma línea, Cini, de Vasconcelos & Lima (2017), evidenciaron un aumento de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en 46 mujeres jóvenes que

realizaron un protocolo de estiramientos musculares de entre 30 y 60 segundos.

López Miñarro, Muyor, Alacid, Vaquero-Cristóbal y Espejo (2014d), también encontraron un aumento significativo de la extensibilidad isquiosural en adultos varones en el test de elevación de la pierna recta y en el de extensión de rodilla después de realizar un protocolo de estiramientos basado en dos repeticiones de cuatro ejercicios estático-activos de estiramiento, mantenidos durante 20 segundos.

En el estudio de Díaz-Soler y cols. (2015) con 47 alumnos adolescentes, se observó un incremento de la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* tras haber realizado un protocolo de calentamiento de 8 min de duración consistente en la realización de 4 min de carrera continua, seguido de la realización de ejercicios de locomoción y movilidad articular. Esta mejora fue ligeramente mayor a los 5 y 10 minutos después de realizar el protocolo que justo al terminarlo.

O'Sullivan, Murray y Sainsbury (2009) afirman que la realización de un calentamiento aeróbico activo y estiramientos musculares estáticos aumenta significativamente la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Sin embargo, las ganancias en flexibilidad se redujeron después de 15 minutos de descanso, pero la flexibilidad siguió siendo significativamente mayor que antes de la realización del protocolo de calentamiento. Estos resultados indican que se debe realizar un calentamiento aeróbico activo y estiramientos estáticos, si el objetivo es aumentar la extensibilidad isquiosural.

1.10. PROGRAMAS DE ESTIRAMIENTOS DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

En los últimos años se han implementado diversos programas para la mejora de la extensibilidad isquiosural, especialmente en ámbito escolar, tanto en escolares de Primaria como adolescentes de Educación Secundaria. Este interés viene de la mano de la evidencia sobre niveles de extensibilidad isquiosural, que muestran una alta frecuencia de personas con una reducida flexibilidad en esta musculatura (Brodersen y cols., 1994; Ferrer, 1998; Harreby

y cols., 1999). Esta situación puede ser debida al cambio de vida que se ha impuesto en estos últimos años, haciendo que se reduzca bastante el tiempo dedicado a la actividad física y, en consecuencia al importante aumento de actividades sedentarias (Vidal y cols., 2011). Sea por una razón u otra, se recomienda habitualmente la realización de programas de estiramientos, especialmente en edad escolar (Andújar, Alonso & Santonja, 1996; Brodersen y cols., 1994; Santonja y cols., 2004), para evitar la cortedad isquiosural y sus efectos en el ritmo lumbo-pélvico.

Puesto que existen numerosas evidencias científicas de que la flexibilidad mejora significativamente cuando se realizan, de manera sistemática, ejercicios de estiramiento (Mayorga-Vega y cols., 2014; Rodríguez y cols., 2008a; Santonja y cols., 2007), se han llevado a cabo diversas investigaciones basadas en programas específicos de flexibilidad con escolares de Educación Primaria y/o Secundaria (Bohajar-Lax, Vaquero-Cristóbal y cols., 2015b; Coledam, Arruda & Ramos de Oliveira, 2012; Mayorga-Vega y cols., 2014; Rodríguez y cols., 2008a; Sáinz de Baranda, Rodríguez, Santonja, López, Andújar, Ferrer & Pastor, 2006), estudiantes de ciclos formativos (Perelló, 2005), y estudiantes universitarios (Ayala & Sáinz de Baranda, 2008). Estas investigaciones han demostrado que la realización de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural, de forma sistemática, mejora significativamente la extensibilidad isquiosural.

Otras investigaciones han evaluado los efectos de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural en deportistas. Los estudios realizados en tenistas (Kibler & Chandler, 2003), jugadores de balonmano (Zakas, Vergou, Grammatikopoulou, Zakas, Sentelidis & Vamyakoudis, 2003), remeros (Álvarez-Yates & García-García, 2018), atletas (Guex, Lugrin, Borloz & Millet, 2016), futbolistas (Piqueras-Rodríguez, Palazón-Bru y Gil-Guillén, 2016; Rodríguez, Sánchez, Rodríguez, & Villa, 2016; Vaquero-Cristóbal y cols., 2012, 2013) y jugadoras de fútbol sala (Ayala y cols., 2010) muestran mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural al finalizar la intervención.

Hasta el momento, se han llevado a cabo diferentes programas de intervención basados en estiramientos de la musculatura isquiosural dentro del área de Educación Física en escolares de Educación Primaria (tabla I), así

como en muestras de estudiantes tanto de Primaria como Secundaria (tabla II), o solo incluyendo estudiantes de Secundaria (tabla III).

Con respecto a los estudios realizados **en escolares de Educación Primaria** (tabla I), muchos autores han encontrado un aumento significativo de la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* después de haber realizado un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural. En este sentido, Sáinz de Baranda y cols. (2006) encontraron un aumento significativo de la distancia alcanzada con respecto al grupo control después de haber realizado un programa con en el calentamiento y en la vuelta a la calma a lo largo del curso escolar. De la misma forma, Coledam y cols. (2012) también observaron mejoras significativas en un grupo de escolares tras la realización de un programa de estiramientos estático-activos durante 16 semanas.

Otros autores también encontraron un aumento de la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* en alumnos de Educación Primaria después de haber realizado programas de estiramientos musculares (Mayorga-Vega, Merino-Marbán, Manzano-Lagunas, Blanco y Viciano, 2016; Merino-Marbán, 2014; Sánchez, merino

Mayorga-Vega, Fernández y Mayorga-Vega, cols., 2014). Sin embargo, Mayorga-Vega y cols. (2014) no encontraron diferencias significativas tras la realización de un programa con las mismas características, frecuencia y duración.

En un trabajo de revisión sistemática de la literatura sobre los efectos que producían programas y ejercicios de estiramientos de la musculatura isquiosural, realizados en las clases de Educación Física, en estudiantes de Primaria, Soriano-Férriz y Alacid (2018) encuentran una mejora significativa en las puntuaciones en los test *sit-and-reach*, *dedos-suelo*, elevación de la pierna recta y *back-saver-sit-and-reach* tanto en chicos como en chicas, pudiendo influir en los resultados de los test las proporciones antropométricas de los miembros superiores e inferiores. La frecuencia del programa y la duración del mismo parecen tener relación positiva con el efecto producido, obteniendo mejoras en los programas de unas pocas semanas. Todos los programas fueron realizados tanto en la fase de calentamiento como en la vuelta a la calma, aunque se ha demostrado que realizarlos en esta última obtiene

mejores resultados. Además, recomiendan usar técnicas estáticas pasivas y activas ya que contribuyen a mantener un mayor control de la alineación del raquis con jóvenes.

Tabla I. Trabajos que incluyen programas de intervención de la musculatura isquiosural en escolares de Educación Primaria.

AUTORES Y AÑO	MUESTRA	TEST	SEMANAS Y SESIONES	PROCEDIMIENTOS	RESULTADOS
Sáinz de Baranda, Rodríguez, Santonja, López-Miñarro, Andújar, Ferrer y Pastor (2006).	63 escolares de 10 a 11 años.	<i>Sit and Reach.</i>	El programa se desarrolló 2 veces por semana, siendo 62 sesiones en 31 semanas.	Se realizaron 4 estiramientos estáticos (2 en sedentación y 2 en bipedestación) de 20 segundos cada uno en el calentamiento (3 minutos) y en la vuelta a la calma (2 minutos), alternando 2 estiramientos cada 2 semanas. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> aumentó 8 cm. La del grupo control disminuyó 2,9 cm.
Coledam, Arruda & Ramos de Oliveira (2012).	58 escolares de 4º de Primaria.	<i>Sit and Reach.</i>	El programa se desarrolló 2 días a la semana durante 16 semanas coincidiendo con el primer trimestre escolar.	Se realizaron 6 estiramientos estático-activos durante 5 minutos en el calentamiento de 20 segundos cada uno y dejando 5 segundos de descanso entre ejercicios. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal, realizando un calentamiento basado en correr 3 minutos y andar 5 minutos.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> de los chicos aumentó 4,18 cm y la de las chicas 4,89 cm. La del grupo control de los chicos disminuyó 0,3 cm y la de las chicas aumentó 0,37 cm.
Mayorga-Vega, Merino-Marban, Garrido y Viciana (2014).	79 escolares entre 9 y 10 años.	<i>Sit and Reach.</i>	Familiarización previa de 2 sesiones en 1 semana. El programa se desarrolló 2 veces a la semana durante 10 semanas.	Se realizaron 6 estiramientos diferentes durante el programa. En todas las sesiones se utilizó un estiramiento unilateral y dos bilaterales con una duración de 20 segundos cada uno, alternando ejercicios de pie y sentado entre sesiones. Un grupo lo llevó a cabo durante 4 minutos en el calentamiento y otro durante 4 minutos en la vuelta a la calma. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> del grupo que realizó el programa durante el calentamiento disminuyó 0,3 cm y la del grupo durante la vuelta a la calma aumentó 0,5 cm. La del grupo control disminuyó 2,7 cm.
Sánchez Rivas, Mayorga-Vega, Fernández Rodríguez y Merino Marban (2014).	44 escolares de 3º de Primaria.	<i>Sit and Reach.</i>	Familiarización previa de 2 sesiones en 1 semana. El programa se desarrolló 2 veces a la semana durante 10 semanas.	Se realizaron 3 estiramientos bilaterales en sedentación y bipedestación durante 3 minutos en la vuelta a la calma utilizando la técnica estática pasiva relajada. Se hicieron 3 repeticiones de 20 segundos por cada estiramiento y 5 segundos de descanso. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> aumentó 1,1 cm. La del grupo control disminuyó 0,6 cm.

<p>Mayorga-Vega, Merino-Marban, Manzano-Lagunas, Blanco y Viciana (2016).</p>	<p>140 escolares de 7 a 10 años.</p>	<p><i>Sit and Reach.</i></p>	<p>El programa se desarrolló dos veces a la semana durante 20 semanas durante el primer y segundo trimestre, no estirando en 5 semanas cercanas a la Navidad.</p>	<p>El grupo 1 realizó 4 estiramientos estáticos (3 bilaterales y 1 unilateral) con 2 repeticiones durante 4 minutos en la vuelta a la calma de 30 segundos cada uno. El grupo 2 solo realizó un estiramiento durante 1 minuto con 2 repeticiones y de 30 segundos. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.</p>	<p>La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> del grupo 1 aumentó 2,7 cm y la del grupo 2 aumentó 2,3 cm. La del grupo control aumentó 0,1 cm.</p>
---	--	----------------------------------	---	--	--

Otros estudios han llevado a cabo diferentes programas de intervención de la musculatura isquiosural dentro del área de Educación Física, incluyendo en la muestra del estudio tanto **escolares de Educación Primaria** como de **Secundaria**. En este sentido, las investigaciones han encontrado un aumento significativo en el ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta activo y pasivo en todos los grupos de edad, con respecto al grupo control, tras la realización de un programa de estiramientos estáticos durante el calentamiento y la vuelta a la calma (Santonja y cols., 2007; Zakas y cols., 2002). De la misma manera, Rodríguez y cols. (2008a) encontraron un aumento en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* en escolares de ambas etapas educativas, con respecto al grupo control, después de un programa de estiramientos de 5 minutos, realizados en el calentamiento y vuelta a la calma, en cada una de las dos sesiones de Educación Física semanales, a lo largo de todo el curso escolar (tabla II).

Tabla II. Trabajos que incluyen programas de intervención de la musculatura isquiosural en escolares de Educación Primaria y Secundaria.

AUTORES Y AÑO	MUESTRA	TEST	SEMANAS Y SESIONES	ESTIRAMIENTOS	RESULTADOS
Zakas, Galazoulas, Grammatikopoulou & Vergou (2002).	110 escolares de 10, 13 y 16 años.	Elevación de la pierna recta	El programa se desarrolló 3 veces por semana durante 12 semanas.	Se realizaron estiramientos pasivos terminando la sesión de 30 segundos y 2 repeticiones cada uno. El grupo control no realizó el programa y continuó con su clase normal. Se llevó a cabo durante toda la sesión, con una duración de 50 minutos.	El ángulo alcanzado en el EPR aumentó 25,7 grados en el grupo de 10 años, 25,3 grados en el de 13 años y 27,9 grados en el de 16 años. La de la pierna izquierda aumentó 20,8 grados en el grupo de 10 años, 21,5 grados en el de 13 años y 24 grados en el de 16 años. El del grupo control aumentó 0,4 grados en el grupo de 10 años, 0,8 grados en el de 13 años y 0,5 grados en el de 16 años. El de la pierna izquierda disminuyó 1,2 grados en el grupo de 10 años, 0,3 grados en el de 13 años y aumentó 1 grado en el de 16 años.
Santonja, Sáinz de Baranda, Rodríguez, López-Miñarro y Canteras (2007).	62 escolares entre 10 y 15 años.	Elevación de la pierna recta pasivo.	El grupo A desarrolló el programa en clase realizando 62 sesiones en 31 semanas. El grupo B desarrolló las mismas sesiones pero en una actividad física extraescolar.	Ambos grupos realizaron 4 estiramientos estáticos de 20 segundos cada uno en el calentamiento (3 minutos) y en la vuelta a la calma (2 minutos), alternando 2 estiramientos cada semana. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	El ángulo alcanzado en el EPR del grupo A aumentó 9 grados en la pierna derecha y 8,1 grados en la pierna izquierda. El del grupo B aumentó 17 grados en la pierna derecha y 16,9 grados en la pierna izquierda. El del grupo control disminuyó 1,6 grados en la pierna derecha y 2,1 grados en la pierna izquierda.
Rodríguez, Santonja, López-Miñarro, Sáinz de Baranda y Yuste (2008).	46 escolares de 5º de Primaria y 44 escolares de 2º de ESO.	<i>Sit and Reach.</i>	El programa se desarrolló 2 veces a la semana durante 32 semanas.	Se realizaron estiramientos de 20 segundos cada uno durante 3 minutos en el calentamiento y 2 minutos en la vuelta a la calma. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> del grupo de Primaria aumentó 4,38cm y la del grupo de Secundaria 2,31 cm. La del grupo control de Primaria disminuyó 4,38 cm y la del grupo de Secundaria 2,31 cm.

Por otro lado, se han llevado a cabo investigaciones que han desarrollado programas de intervención de la musculatura isquiosural dentro del área de Educación Física, incluyendo únicamente a escolares de **Educación Secundaria** (tabla III). En este sentido, Sáinz de Baranda (2009) encontró un aumento en el ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta tras la realización de un programa de estiramientos activos en la parte del calentamiento a lo largo de todo el curso escolar. En la misma línea, Martínez-García (2013) encontraron una mejora del ángulo alcanzado en dicho test tras la realización de estiramientos estáticos.

Diferentes investigaciones también han encontrado diferencias en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* en adolescentes después de haber realizado programas de estiramientos de pocas sesiones durante el calentamiento y la vuelta a la calma (Bohajar-Lax y cols., 2015; Mayorga-Vega, Merino-Marban, Real & Viciano, 2015).

Otros estudios encontraron un aumento significativo en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo en este grupo de población tras la realización de programas de estiramientos en pocas sesiones basados en estiramientos musculares estáticos de dicha musculatura (González-Gálvez, Carrasco, Marcos, Gomes & Feito, 2015; Useros & Campos, 2011).

Tabla III. Trabajos que incluyen programas de intervención de la musculatura isquiosural en escolares de Educación Secundaria.

AUTORES Y AÑO	MUESTRA	TEST	SEMANAS Y SESIONES	ESTIRAMIENTOS	RESULTADOS
Sáinz de Baranda (2009).	50 escolares de 2º de la ESO.	Elevación de la pierna recta	Familiarización previa de 6 sesiones en 2 semanas. El programa se desarrolló durante 62 sesiones en 31 semanas, de octubre a junio.	Se realizaron 4 estiramientos activos en 5 minutos de calentamiento y 2 estiramientos en 2 minutos de vuelta a la calma. Se hicieron 3 repeticiones de 15 segundos cada uno con un descanso de 5 segundos entre ejercicios. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normales.	El ángulo alcanzado en el EPR aumentó 7,6 grados en la pierna derecha y 7,1 grados en la pierna izquierda. El del grupo control disminuyó 0,7 grados en la pierna derecha y 1,7 grados en la pierna izquierda.
Useros & Aranda (2011).	33 escolares entre 16 y 17 años.	Dedos-suelo.	El programa se desarrolló en 9 sesiones durante 5 semanas.	El grupo 1 realizó estiramientos mediante la técnica SGA a través de autoposturas durante 30 minutos. Las posturas en descarga duraron entre 8 y 10 minutos, las posturas en carga duraron 4 minutos y finalmente 10 minutos de estiramientos. El grupo 2 llevó a cabo estiramientos analíticos durante 30 minutos realizando estiramientos estáticos, estáticos pasivos y con ayuda de material de 15 segundos cada uno con un descanso de otros 15 segundos entre ejercicios. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal en la que entre otros, realizaba estiramientos de la musculatura isquiosural de 8-10 segundos.	La distancia alcanzada en el test dedos-suelo del grupo 1 aumentó 6,91 cm y la del grupo 2 3,94 cm. La del grupo control aumentó 0,37 cm.
Bohajar-Lax, Baquero-Cristóbal, Espejo-Antúnez y López-Miñarro (2015).	59 escolares de 16 a 17 años divididos en grupos A (lunes y martes) y grupo B (martes y viernes).	<i>Sit and Reach.</i>	El programa se desarrolló dos sesiones por semana durante 5 semanas.	Se realizaron 4 estiramientos estático-activos de 20 segundos cada uno y un tiempo de descanso entre ejercicios de 30 segundos durante el calentamiento en sedentación y bipedestación con 2 repeticiones cada uno.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> del grupo A aumentó 2,15 cm y la del grupo B 2,1 cm.

González-Gálvez, Carrasco, Marcos, Gomes & Feito (2015).	66 escolares de 3º de la ESO.	Dedos-suelo.	Dos veces a la semana durante 6 semanas.	Dentro de las sesiones de Pilates, se realizaron estiramientos musculares durante 7 minutos en la vuelta a la calma. El grupo control no realizó el programa y siguió con su clase normal.	La distancia alcanzada en el test dedos-suelo de los chicos aumentó 3,38 cm y la de las chicas 3,85 cm. La del grupo control de los chicos disminuyó 0,6 cm y la de las chicas aumentó 0,13 cm.
Mayorga-Vega, Merino-Marban, Real y Viciano (2015).	180 escolares entre 12 y 14 años.	<i>Sit and Reach.</i>	El grupo 1 desarrolló el programa de una sesión por semana durante 8 semanas con un total de 8 sesiones mientras que el grupo 2 realizó 2 sesiones a la semana con un total de 15 sesiones.	Se realizaron 4 estiramientos (tres bilaterales y uno unilateral) de 30 segundos cada uno en la vuelta a la calma con 2 repeticiones cada uno. El grupo control no realizó el programa de estiramientos.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> del grupo 1 aumentó 1,5 cm y la del grupo 2 aumentó 1,9 cm. La del grupo control aumentó 0,3 cm.
Martínez-García (2013)	205 escolares de Educación Secundaria entre 12 y 16 años.	<i>Elevación de la pierna recta.</i>	El grupo experimental desarrolló un programa de 30 semanas con una sesión por semana, haciendo un total de 30 sesiones.	En la clase de Educación Física se desarrollaron ejercicios de estiramiento, toma de conciencia postural y fortalecimiento muscular sobre diferentes grupos musculares. Se realizaron 2 estiramientos musculares de la musculatura isquiosural estáticos de 10 segundos duración en el primer trimestre, 12 segundos en el segundo trimestre y 15 segundos en el tercer trimestre con una duración total de 20 minutos.	El ángulo alcanzado en el EPR del grupo experimental aumentó 6,3 grados en la pierna derecha y 4,6 grados en la pierna izquierda.

A diferencia de los estudios anteriores, otros estudios han desarrollado programas de intervención de la musculatura isquiosural con escolares **fuera del área de Educación Física y del ámbito educativo** (tabla IV). En este sentido, diferentes estudios encontraron en sus investigaciones con adolescentes una disminución en el ángulo alcanzado en el test de flexión de rodilla después de haber realizado un programa de entrenamiento estiramientos estáticos entre otras técnicas (Fatemi, Javid & Najafabadi, 2015; Nelson & Bandy, 2004).

Con respecto a la utilización del test *sit-and-reach*, Moreira, Akagi, Wun, Moriguchi y Sato (2012) y Moradi, Motlagh y Nikkhah (2014) encontraron un aumento en la distancia alcanzada en el test en adolescentes tras la realización de programas basados en ejercicios de estiramientos en la vuelta a la calma durante 6 semanas.

En la misma línea de resultados, estudios con jóvenes encontraron un aumento en el ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta, en el test del ángulo poplíteo y en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo modificado en todos los grupos tras la realización programas de estiramientos activos y tradicionales (Czaprowski y cols., 2013; Piqueras-Rodríguez y cols., 2016).

Tabla IV. Trabajos que incluyen programas de intervención de la musculatura isquiosural en escolares, realizados fuera del ámbito educativo.

AUTORES Y AÑO	MUESTRA	TEST	SEMANAS Y SESIONES	ESTIRAMIENTOS	RESULTADOS
Nelson y Bandy (2004).	81 escolares de Educación Secundaria.	Test de flexión de rodilla.	El programa se desarrolló tres sesiones por semana durante 6 semanas.	El grupo A realizó un entrenamiento excéntrico de 5 segundos con 6 repeticiones sin descanso entre ejercicios. El grupo B realizó estiramientos estáticos de 30 segundos con 6 repeticiones sin descanso entre ejercicios. El grupo control no realizó el programa de estiramientos.	El ángulo alcanzado en el test de flexión de rodilla del grupo A disminuyó 12,79 grados y en el grupo B 12,05. El del grupo control disminuyó 1,67 grados.
Moreira, Akagi, Wun, Moriguchi, & Sato (2012).	58 escolares de 4º de Primaria a 2º de la ESO.	<i>Sit and Reach.</i>	Dos veces a la semana durante 6 semanas.	Ejercicios de estiramientos en la vuelta a la calma de una duración de 30 segundos cada uno. El grupo control no realizó el programa.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> aumentó 3,38 cm. La del grupo control 0,05 cm.
Czaprowski, Leszczewska, Kolwicz, Pawłowska, Kedra, Janusz y Kotwicki (2013).	120 escolares entre 10 y 13 años.	Elevación de la pierna recta, dedos-suelo modificado y test del ángulo poplíteo.	Los sujetos realizaban 6 sesiones de estiramientos en casa y una de fisioterapia a la semana durante 6 semanas.	El grupo 1 realizó 5 estiramientos isométricos de relajación de 10 segundos cada uno con otros 10 segundos de descanso entre ejercicios. El grupo 2 realizó estiramientos estáticos y ejercicios de estabilización de 30 segundos y con 4 repeticiones cada uno y 10 segundos de descanso entre ejercicios. El grupo 3 realizó ejercicios de estabilización de 30 segundos y con 4 repeticiones cada uno y 10 segundos de descanso entre ejercicios.	El ángulo alcanzado por el grupo 1 aumentó 9,3 grados en el EPR, 5,2 grados en el test del ángulo poplíteo y 3,5 cm en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo modificado. El del grupo 2 aumentó 11,5 grados en el EPR, 7,7 grados en el test del ángulo poplíteo y 2,9 cm en el dedos-suelo modificado. La del grupo 3 aumentó 4,4 grados en el EPR, 2,3 grados en el test del ángulo poplíteo y 1cm en el dedos-suelo modificado.
Moradi, Motlagh & Nikkhah (2014).	30 chicas adolescentes entre 15 y 17 años.	<i>Sit and Reach.</i>	3 sesiones a la semana durante 6 semanas.	Se realizó un estiramiento con 4 repeticiones de 30 segundos cada uno y un descanso de 20 segundos entre ejercicios. El grupo control no realizó el programa de estiramientos.	La distancia alcanzada en el test <i>sit-and-reach</i> aumentó 8,87 cm. La del grupo control aumentó 0,13 cm.

<p>Fatemi, Javid & Najafabadi (2015)</p>	<p>39 chicas adolescentes entre 15 y 17 años.</p>	<p>Test de extensión de rodilla</p>	<p>3 sesiones por semana durante 8 semanas.</p>	<p>Se llevó a cabo el protocolo de entrenamiento de William basado en 7 ejercicios donde uno de ellos se trataba de un estiramiento para dicha musculatura de 8 a 10s. Se realizó una serie de 10 repeticiones al principio del programa acabando con 3 series de 20 repeticiones.</p>	<p>El ángulo alcanzado en el test de extensión de rodilla aumentó 15,76 grados.</p>
<p>Piqueras-Rodríguez y Gil-Guillén (2016).</p>	<p>51 chicos federados en fútbol entre 10 y 16 años.</p>	<p>Elevación de la pierna recta, test del ángulo poplíteo pasivo y dedos-suelo.</p>	<p>Sesiones durante 2 meses.</p>	<p>El grupo 1 realizó estiramientos musculares activos y recibió un plus de estimulación eléctrica. El grupo 2 realizó solamente estiramientos musculares activos. El grupo 3 realizó estiramientos convencionales.</p>	<p>Al comparar el ángulo alcanzado en los test entre el grupo 1 y el 2, el primero alcanzó 5,5 grados menos en el EPR y 10,2 grados en la pierna derecha y 6,2 grados en la izquierda más en el test del ángulo poplíteo pasivo. Al comparar el grupo 1 y el 3, el primero obtuvo 12,3 grados en la pierna derecha y 10 grados en la izquierda menos en el EPR, 12,9 grados en la pierna derecha y 8,5 grados en la izquierda más en el test del ángulo poplíteo pasivo y 8,9 cm menos en el dedos-suelo. Al comparar el grupo 2 y el 3, el primero obtuvo 6,8 grados en la pierna derecha y 6,2 grados en la izquierda menos en el EPR y 6,7 cm menos en el dedos-suelo.</p>

La mayoría de los estudios en los que se han llevado a cabo programas de estiramientos con escolares para analizar y comparar la mejora de la extensibilidad de la musculatura isquiosural ha tenido una duración superior a 8 semanas, siendo realizados en mayor medida a lo largo de todo el curso escolar. Muy pocos estudios han estudiado el efecto que se produce en dicha musculatura en cortos periodos de tiempo. Por otro lado, son escasos los estudios que han analizado el efecto agudo de los ejercicios en la musculatura. No sabemos con certeza qué ocurre en nuestra musculatura justo después de haber realizado estiramientos y de qué manera afecta a las actividades posteriores.

Los estudios realizados en estudiantes adolescentes se han basado en programas de larga duración, no habiéndose determinado cuál es el efecto de una intervención de menor duración. Recientes estudios realizados en edad escolar (Coledam y cols., 2012; Mayorga-Vega y cols., 2014; Nelson & Bandy, 2004; Sánchez y cols., 2014; Zakas y cols., 2002) sí han abordado el análisis de un programa de estiramiento de unas pocas semanas de duración. No obstante, las diferencias en las características del sistema musculo-esquelético entre escolares prepuberales y postpuberales, podrían incidir en el efecto de un programa de estiramientos. De hecho, varios estudios han comprobado que si no se realizan estiramientos de la musculatura isquiosural, en la infancia y adolescencia, su extensibilidad se reduce conforme aumenta la edad (Carbonell, Aparicio & Delgado, 2009; Rodríguez y cols., 2008a).

A través de un adecuado programa de extensibilidad isquiosural y mejora postural, la Educación Física puede reducir significativamente la frecuencia y gravedad de las dos alteraciones más prevalentes del aparato locomotor en enseñanza Primaria, como son las desalineaciones del raquis y las restricciones de la extensibilidad muscular (Andújar, Santonja, García de la Rubia & Rodríguez, 1999; González, Martínez, Mora, Salto & Álvarez, 2004; Rodríguez & Santonja, 2000; Santonja y cols., 2004). Los ejercicios y actividades de estiramientos deben incluirse en los calentamientos y clases de Educación Física para mejorar la flexibilidad y reducir la incidencia de contracturas musculares (Grabara, Kołodziej & Wójcik, 2010).

1. 11. VINCULACIÓN DE LOS CONTENIDOS CON EL CURRÍCULO EDUCATIVO

La asignatura de Educación Física tiene el objetivo de desarrollar en los alumnos diversos aprendizajes relacionados con el ámbito motriz y que son necesarios para su desarrollo integral permitiéndoles interactuar con todos los elementos del entorno que les rodean de una manera eficaz, dando respuesta a las posibles situaciones problemáticas o motrices diversas que puedan surgir en la vida cotidiana. Todos estos contenidos pueden encontrarse en forma de actitudes, procedimientos, conceptos o valores relacionados con el cuerpo humano y su movimiento. En el caso concreto de los contenidos de la salud, se centran en los aprendizajes conceptuales y procedimentales, a través de los cuales los escolares conseguirán conocer, utilizar y cuidar su cuerpo llevándolos al establecimiento de un estilo de saludable tanto dentro como fuera del ámbito educativo.

Son muchas las organizaciones tanto nacionales como internacionales vinculadas a la promoción y fomento de la salud, como la Organización Mundial de la Salud que recomiendan realizar actividad física todos los días en edad escolar por sus beneficios tanto a nivel fisiológico como cognitivo y socio-afectivo. Además, esta práctica diaria mejora el nivel de condición física y de las capacidades físicas, entre ellas la flexibilidad, que se considera un elemento indispensable para la salud si tenemos en cuenta la gran prevalencia de cortedad de la musculatura isquiosural. La etapa de la vida que corresponde con la Educación Obligatoria (de los 6 a los 16 años) es idónea para poner en práctica todas aquellas actividades que ayuden a los alumnos a adquirir estilos de vida y hábitos saludables, en general, y de la extensibilidad muscular en particular. El informe Eurydice de la Comisión Europea (2013) informa que los alumnos se encuentran en una peligrosa situación de sedentarismo tras comprobar que solamente el 20% de los niños y niñas practican actividad física fuera de los centros escolares. Por ello, el área Educación Física tiene que actuar como elemento indispensable para combatir dicho sedentarismo y promocionar la salud. El papel de la investigación es analizar las diversas

actividades, planes y programas para que esa enseñanza sea lo más eficaz y beneficiosa posible, tanto desde un punto de vista didáctico, como fisiológico.

A pesar de la importancia y relevancia que tienen todos los paradigmas en el ámbito social y de la salud, en lo que al ámbito educativo se refiere, los contenidos relacionados con la flexibilidad, los calentamientos, los estiramientos y el uso de diferentes test de medida y análisis de parámetros del cuerpo humano están más que justificados debido a su inclusión en las diferentes normativas educativas. Todos estos contenidos se encuentran establecidos dentro del área de Educación Física en los diferentes decretos de currículo de la Región de Murcia tanto de Educación Primaria como Educación Secundaria y Bachillerato. Más concretamente, estos se encuentran dentro del bloque de contenidos 4 “Actividad física y salud” para la Educación Primaria (Decreto 198/2014, de 5 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia).

Dentro de este bloque de contenidos, el Decreto de currículo incluye otros más detallados que justifican de manera categórica los temas tratados en la presente tesis. Así, se encuentran contenidos como “Práctica de actividades encaminadas a la mejora de las capacidades físicas básicas” y “Conocimiento y práctica cualitativa de las capacidades físicas básicas: identificación y factores a valorar en ellas” que exigen trabajar en los centros educativos las capacidades físicas básicas, entre las cuales se encuentra la flexibilidad y el problema de la cortedad de la musculatura isquiosural. Por otro lado, el contenido “Calentamiento, dosificación del esfuerzo y toma de conciencia de la recuperación y la relajación: función preventiva y de activación fisiológica” implica que los docentes investiguen sobre cuáles son los mejores ejercicios y protocolos de calentamiento a utilizar en la fase inicial con los alumnos en las diversas etapas en Educación Física con la finalidad de que estos sean lo más eficaces posibles y eviten posibles lesiones, constituyendo uno de los objetivos de la investigación. Finalmente, nos encontramos con otros contenidos como “Organización de test sencillos cualitativos y recogida de información entre alumnos” y “Comparativa gráfica de resultados y conclusiones de la obtención de información cuantitativa sobre pequeño test motores” que ponen de manifiesto la obligación de utilizar test en el área de Educación Física. Por ello,

como investigadores, es necesario analizar y valorar cuáles de los test frecuentemente utilizados en el área son los más válidos y qué factores influyen en ellos, siendo otro de los objetivos del estudio.

En este sentido, la línea de investigación de esta tesis doctoral se relaciona con el bloque de contenidos 1 “Condición física orientada a la salud” perteneciente a la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Decreto 220/2015, de 2 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y Decreto 221/2015, de 2 de septiembre, por el que se establece el currículo del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia). Estos bloques de contenidos aglutinan la enseñanza de diversos conceptos, para su aplicación práctica de manera autónoma y en forma de hábitos con la intención de fomentar el desarrollo de una vida saludable a lo largo de su vida.

Más concretamente, dentro de este bloque de contenidos nos encontramos para la Educación Secundaria con contenidos más detallados como “Práctica de ejercicios de tonificación y flexibilización para la compensación y estabilización postural”, “Métodos para el desarrollo de las capacidades físicas orientados a la salud” y “Realización de un programa de actividad física para mejorar sus condiciones de salud y calidad de vida” estrechamente relacionados con las líneas de investigación sobre los ejercicios y programas eficaces de estiramientos de la musculatura isquiosural. Otros contenidos como “Práctica de pruebas de valoración de la aptitud física en sus dimensiones anatómica, fisiológica y motriz, e interpretación de los resultados orientados a la salud y al rendimiento deportivo” justifican las investigaciones relacionadas con el análisis de selección y validez de diferentes test utilizados en Educación Física. De la misma forma, se incluyen contenidos como “Análisis de variables a tener en cuenta en la fase principal para el diseño del calentamiento y vuelta a la calma. Errores más frecuentes. Lesiones derivadas de un calentamiento inadecuado” que nos animan como investigadores a seleccionar y valorar los diferentes ejercicios y protocolos a utilizar en el calentamiento.

En relación al Decreto de currículo de Bachillerato también se incluyen contenidos detallados que tienen que trabajarse en Educación Física. Destacan

los contenidos “Planificación de la condición física: adaptación del organismo al esfuerzo, zonas de actividad, umbrales, sistemas de desarrollo de las capacidades físicas y principios para el adecuado desarrollo de la condición física” relacionado con la investigación de ejercicios y estiramientos musculares eficaces y adecuados a los alumnos; “Elaboración y puesta en práctica, de manera autónoma y responsable, de un programa personal de actividad física y salud con unos objetivos bien definidos, ajustado a las necesidades individuales, atendiendo a las variables básicas de frecuencia, volumen, intensidad y tipo de actividad” estrechamente vinculado a la creación y puesta en práctica de programas para el trabajo de la flexibilidad a través de estiramientos musculares; e “Identificación autónoma de su nivel de aptitud física en sus dimensiones fisiológica, anatómica y motriz. Aplicación de los resultados en la planificación y revisión de su programa de actividad física” que se relaciona con la investigación sobre los diversos test físicos empleados en Educación Física y su validez.

Además, todos estos contenidos son considerados elementos transversales que están presentes en gran parte de los aprendizajes que se realizan en el resto de asignaturas, destacando por encima del resto su vinculación con el área de Ciencias de la Naturaleza. Por ello, es necesario desarrollar e investigar todos estos contenidos de manera universal para que puedan ser trabajados y puestos en práctica en todos los ámbitos de la vida. En este sentido, la Educación Física tiene el deber de ofrecer contextos de aprendizaje flexibles y diversos en los que alumnado pueda dar respuesta a los diferentes estímulos adaptándose a las características cambiantes del medio que le rodea.

Todos los centros educativos de Educación Primaria y Secundaria establecen en su Proyecto Educativo (documento fundamental que rige el funcionamiento y planificación del centro) el Plan para la Salud a través del cual se llevan a la práctica diversas actividades transversales a lo largo del curso escolar relacionadas con diversos temas como la higiene postural, la dieta saludable o la extensibilidad muscular, recordándonos la importancia del trabajo, análisis e investigación permanente y continua que debemos hacer de estos contenidos.

Por otro lado, el área de Educación Física se encuentra estrechamente relacionada con la enseñanza y aprendizaje de competencias vinculadas a la salud a través de una serie de líneas de actuación que fomenten el establecimiento de hábitos saludables tanto dentro como fuera de los centros educativos. Además, esto conlleva rechazar conductas, actitudes o acciones que inciten a llevar un estilo de vida sedentario y perjudicial para el organismo, es decir, no saludable. Dentro de estas competencias relacionadas con la salud se incluyen la realización de programas, test y ejercicios que como investigadores debemos de analizar para conocer su eficacia, validez y variables que influyen y así poder tomar decisiones correctas en base a ello.

Más específicamente, los tres decretos de currículo de nuestra Comunidad Autónoma indican a los profesores la obligación de trabajar y desarrollar siete competencias consideradas como básicas en todas las asignaturas de las diferentes etapas educativas. En lo que a la Educación Física respecta, esta asignatura fomenta el desarrollo de todas ellas pero de manera más directa trabaja las competencias: la “competencia social y cívica”, la “competencia para aprender a aprender y el “sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor”.

De las tres competencias, la “competencia para aprender a aprender y el “sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor” tienen como objetivo principal desarrollar actitudes de independencia y de creación autónoma de hábitos y estrategias de aprendizaje y planificación eficaz en el alumno que, además de mejorar sus capacidades, logra una mejora en la autoestima y seguridad del alumnado. En el área de Educación Física, estas competencias tienen los mismos objetivos pero se centran en el desarrollo de esas actitudes a nivel social y físico. En este sentido, se incluiría la puesta en marcha de ejercicios, programas y test físicos que mejoren su salud en general y su extensibilidad de la musculatura isquiosural en particular, lo que hace necesario reflexionar sobre todos esos aspectos para poder mejorarlos como docentes e investigadores.

Otros de los elementos curriculares fundamentales incluidos en nuestros decretos de currículo en las tres etapas educativas son los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje. Estos se constituyen como los referentes fundamentales del proceso de evaluación y, por tanto, los alumnos

deben adquirir al final del curso escolar. Estos criterios de evaluación y estándares de aprendizaje, junto con los contenidos, establecen los elementos prescriptivos que los docentes deben trabajar y enseñar en los centros escolares. Al igual que con el resto de elementos curriculares comentados, los estándares de aprendizaje incluyen más específicamente el trabajo de extensibilidad muscular a través de programas y ejercicios de estiramientos y realización de protocolos de calentamiento y test físicos de medida de parámetros corporal que justifican y nos obliga nuevamente a analizar su eficacia y validez para que los alumnos llegue a su consecución de manera óptima.

En la etapa de Educación Primaria (Decreto 198/2014) varios estándares de aprendizaje están centrados en el desarrollo de ejercicios y planes para el desarrollo de las capacidades físicas básicas desde un punto de vista saludable, creando hábitos dentro y fuera del colegio, para poner en práctica protocolos de calentamiento que preparen el cuerpo de manera óptima antes de realizar una actividad física de moderada a vigorosa y para llevar a cabo diferentes test que le ayuden al alumno a conocer su nivel físico en todos los ámbitos (tabla V).

Tabla V. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de sexto curso de Educación Primaria.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
4. Relacionar los conceptos específicos de educación física y los introducidos en otras áreas con la práctica de actividades físico deportivas y artístico expresivas, o utilizando las nuevas tecnologías.	4.2 Reconoce la importancia del desarrollo de las capacidades físicas para la mejora de las habilidades motrices.
	4.4 Comprende la explicación y describe los ejercicios realizados,

	usando los términos y conocimientos que se desarrollan en el área de Ciencias de la Naturaleza.
5. Reconocer los efectos del ejercicio físico, la higiene, la alimentación y los hábitos posturales sobre la salud y el bienestar, manifestando una actitud responsable hacia uno mismo.	5.4 Realiza los calentamientos, valorando su función preventiva y de activación fisiológica.
6. Mejorar el nivel de sus capacidades físicas, regulando y dosificando la intensidad y duración del esfuerzo, teniendo en cuenta sus posibilidades y su relación con la salud.	6.1 Muestra una mejora global con respecto a su nivel de partida de las capacidades físicas orientadas a la salud.
	6.3 Identifica su nivel, comparando los resultados obtenidos en pruebas de valoración de las capacidades físicas y coordinativas con los valores correspondientes a su edad.

Por otro lado, en la tabla VI se destacan los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje incluidos en el Decreto 220/2015, de 2 de septiembre, para el cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria. De ellos se destaca la importancia del trabajo de la extensibilidad muscular a través de la realización de ejercicios y programas planificados y sistemáticos de mejora de las capacidades físicas básicas orientados al desarrollo de la salud y el conocimiento y valoración de sus parámetros físicos a través de la utilización de diferentes test.

Tabla VI. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
1. Argumentar la relación entre los hábitos de vida y sus efectos sobre la condición física, aplicando los conocimientos sobre actividad física y salud.	1.2. Relaciona ejercicios de tonificación y flexibilización con la compensación de los efectos provocados por las actitudes posturales inadecuadas más frecuentes.
2. Mejorar o mantener los factores de la condición física, practicando actividades físico-deportivas adecuadas a su nivel e identificando las adaptaciones orgánicas y su relación con la salud.	2.2. Practica de forma regular, sistemática y autónoma actividades físicas con el fin de mejorar las condiciones de salud y calidad de vida.
	2.3. Aplica los procedimientos para integrar en los programas de actividad física la mejora de las capacidades físicas básicas, con una orientación saludable y en un nivel adecuado a sus posibilidades.
	2.4. Valora su aptitud física en sus dimensiones anatómica, fisiológica y motriz, relacionándolas con la salud.
3. Diseñar y realizar las fases de activación y recuperación en la práctica de actividad física considerando la intensidad de los esfuerzos.	3.1. Analiza la actividad física principal de la sesión para establecer las características que deben tener las fases de activación y de vuelta a la calma.
	3.2. Selecciona los ejercicios o tareas de activación y de vuelta a la calma de una sesión, atendiendo a la intensidad o a la dificultad de las

	tareas de la parte principal.
--	-------------------------------

En relación a la etapa de Bachillerato, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje para el primer curso de Bachillerato (tabla VII), incluidos en el Decreto 221/2015, de 2 de septiembre, dan a entender que los alumnos ya conocen los estiramientos musculares adecuados para la mejora de la extensibilidad muscular, centrándose en el siguiente nivel de complejidad a través de su desarrollo autónomo en forma de programas planificados. Además, ponen de manifiesto la importancia del desarrollo autónomo de los estudiantes en la puesta en práctica de protocolos de activación fisiológica y la realización de diferentes test de valoración física.

Tabla VII. Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de sexto curso de Bachillerato.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
1. Mejorar o mantener los factores de la condición física y las habilidades motrices con un enfoque hacia la salud, considerando el propio nivel y orientándolos hacia sus motivaciones y hacia posteriores estudios u ocupaciones.	1.3. Utiliza de forma autónoma las técnicas de activación y de recuperación en la actividad física.
	1.4. Alcanza sus objetivos de nivel de condición física dentro de los márgenes saludables, asumiendo la responsabilidad de la puesta en práctica de su programa de actividades.
2. Planificar, elaborar y poner en práctica un programa personal de actividad física que incida en la mejora y el mantenimiento de la	2.1. Aplica los conceptos aprendidos sobre las características que deben reunir las actividades físicas con un enfoque saludable a la elaboración de

<p>salud, aplicando los diferentes sistemas de desarrollo de las capacidades físicas implicadas, teniendo en cuenta sus características y nivel inicial, y evaluando las mejoras obtenidas.</p>	<p>diseños de prácticas en función de sus características e intereses personales.</p>
	<p>2.2. Evalúa sus capacidades físicas y coordinativas considerando sus necesidades y motivaciones y como requisito previo para la planificación de la mejora de las mismas.</p>

Por todo ello, es labor de los docentes de Educación Física trabajar todos los contenidos, competencias, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje en los centros educativos, debiendo estar actualizados en base a las nuevas tendencias y estudios científicos actuales. Además, es responsabilidad del profesor de Educación Física poner en práctica en sus sesiones todo lo aprendido con el objetivo de desarrollarlos de la manera más eficaz posible, tarea difícil de conseguir si no se tiene en cuenta la actualidad en materia de salud y educación.

2

Objetivos



Los objetivos de la presente tesis doctoral fueron:

- 1) Determinar el efecto de un programa, a corto plazo, de estiramientos de la musculatura isquiosural realizado en las clases de Educación Física, sobre la extensibilidad de la musculatura isquiosural y disposición sagital del raquis en diferentes posiciones, en escolares de Educación Secundaria.
- 2) Valorar y comprobar el efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en la extensibilidad de la musculatura isquiosural y disposición sagital del raquis, en diferentes posiciones, en escolares de Educación Primaria.
- 3) Determinar si existe alguna influencia de las medidas antropométricas en la distancia alcanzada en el test de distancia dedos suelo en escolares de Educación Primaria.
- 4) Analizar la influencia de realizar una actividad de calentamiento en los valores de correlación entre el test de elevación de la pierna recta y el test lineal de distancia dedos suelo en escolares prepuberales de Educación Primaria.

3

Material y métodos

3.1. MUESTRA

3.2. PROCEDIMIENTO

3.3. ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR

3.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

3.1. MUESTRA.

En el presente estudio participaron un total de 142 estudiantes varones con edades comprendidas entre 6 y 18 años, que cursaban Educación Primaria o Secundaria. Se trató de una muestra de conveniencia ya que requería de cierto compromiso por parte de los docentes de Educación Física, de cara a implementar la intervención y mediciones.

La muestra se dividió en dos grupos diferenciados, y cada uno de ellos participó en un estudio diferente:

- Muestra de **estudiantes de Educación Secundaria**, formada por 62 chicos con edades comprendidas entre los 14 y 18 años (media de edad: $16,05 \pm 0,78$ años) que realizaron un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural de cinco semanas de duración.
- Muestra de **escolares de Educación Primaria**, formada por 80 niños con edades comprendidas entre los 6 y 11 años (media de edad: $8,40 \pm 0,69$ años), que realizaron un protocolo de calentamiento de corta duración.

Los criterios de inclusión para ambas muestras fueron: no haber tenido dolor lumbar agudo, o alguna lesión musculoesquelética en la región posterior de la pierna, en los últimos 3 meses, ni tener alteración raquídea estructurada diagnosticada. Para ello, se administró un cuestionario que rellenaron los tutores legales de los escolares, en el que se hacían preguntas sobre la historia previa de lesiones y alteraciones del sistema músculo-esquelético.

Por otro lado, los criterios de exclusión fueron: no participar en alguna de las sesiones de medición de las variables dependientes del estudio; faltar a una o más sesiones del programa de intervención, en el caso de los estudiantes de Secundaria; así como sufrir algún tipo de lesión o alteración que tuviera alguna influencia en las variables medidas.

3.2. PROCEDIMIENTOS.

El estudio fue aprobado por la Comisión Ética Institucional. Todos los participantes del estudio fueron voluntarios y sus responsables legales, así

como la dirección del centro educativo, fueron informados de los objetivos y procedimientos del estudio, previamente a la firma de un consentimiento informado, condición *sine qua non* para participar en el mismo.

Cada uno de los grupos participó de un diseño de investigación diferente para intentar dar respuesta a los objetivos de investigación. Todas las mediciones de las variables dependientes del estudio fueron realizadas a la misma hora del día, en horario de tarde, tras dos horas, al menos, de cualquier actividad de reposo en decúbito. Además, los estudiantes fueron instruidos a no realizar ejercicio físico alguno en las 24 horas previas a las mediciones (exceptuando la clase de Educación Física), que se realizaron en un mismo espacio cerrado, manteniendo la homogeneidad de las condiciones de humedad y temperatura en el momento de valoración de la extensibilidad isquiosural y postura corporal.

En ambas intervenciones se realizaron mediciones de la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis en diferentes posiciones, antes y después de aplicar una intervención.

En el estudio realizado con **escolares de Primaria** (n=80), se les midió, en un orden aleatorio, la disposición sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica con un *Spinal Mouse* en las posturas de bipedestación, en bipedestación con auto-corrección, máxima flexión del tronco en sedentación, máxima extensión del tronco en bipedestación y en la posición de máxima flexión del tronco en el test de distancia dedos-suelo. También se midió la extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de la pierna recta activo (EPR) y el test de distancia dedos-suelo.

A continuación, 40 escolares realizaron un protocolo de calentamiento basado en la realización tres estiramientos de la musculatura isquiosural; los otros 40 escolares, realizaron un protocolo de calentamiento diferente, basado en 5 minutos de carrera a intensidad media. Tras la finalización del protocolo, se volvieron a realizar las mediciones, en orden aleatorio, de columna vertebral y extensibilidad isquiosural.

En relación al **estudio** con **estudiantes de Educación Secundaria** (n=62), se les determinó la extensibilidad isquiosural y la disposición sagital del

raquis, previamente y tras finalizar, un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural. La extensibilidad isquiosural fue valorada mediante el test EPR pasivo. De la misma forma, se midió la distancia alcanzada mediante el test *sit-and-reach*. Así también, se valoró la disposición sagital del raquis en bipedestación relajada y en la posición de flexión máxima del tronco en el test *sit-and-reach*. En ambas posiciones se determinó el ángulo de la curva torácica y lumbar, así como el grado de inclinación de la pelvis. Las mediciones se realizaron en un orden aleatorio.

3.2.1. Disposición sagital del raquis y pelvis

Para medir la postura de la columna vertebral e inclinación pélvica se utilizó un *Spinal Mouse*® (Idiag, Fehralt Dorf, Suiza), un dispositivo válido y fiable para determinar los ángulos de las curvas raquídeas (Cohen, Kobayashi, Simic, Dennis, Refshauge, & Pappas, 2017; Guermazi y cols., 2006).



Figura 14. *Spinal Mouse*®.

Este dispositivo es un inclinómetro electrónico que detecta los cambios de inclinación de los segmentos vertebrales con respecto a una línea vertical. Para proceder a realizar las mediciones, el dispositivo se conecta por tecnología *bluetooth* a un ordenador, en el que se encuentra instalado el software del dispositivo (*MediMouse*® Software, Idiag, Suiza). De este modo, al finalizar la medición se obtiene la información del grado de angulación de la curvatura torácica y lumbar, así como el grado de inclinación de la pelvis respecto a la vertical. En este sentido, un valor de 0° suponía una postura

vertical de la pelvis. Ángulos negativos suponían que había una retroversión pélvica, mientras que ángulos positivos correspondían a una anteversión de la pelvis. En cuanto al raquis lumbar, valores negativos correspondían a una curva de concavidad posterior (lordosis lumbar), mientras que valores positivos se relacionaban con posturas de convexidad posterior (inversión lumbar).

Para realizar las mediciones, se marcó previamente, con un rotulador, la apófisis espinosa de T1, y el inicio de la zona sacra (S1). En caso de tener alguna dificultad a la hora de localizar la apófisis espinosa de T1, se le pedía al participante que flexionara la cabeza para hacer más visible y palpable la apófisis espinosa de C7, y a partir de ahí, localizar, mediante palpación, la apófisis inmediatamente inferior. Para marcar el inicio de la zona sacra (S1), se realizó una señal, en posición de bipedestación relajada, tres centímetros por encima del borde superior de la línea interglútea.

Para realizar las mediciones de columna vertebral y pelvis, una vez el participante adoptaba la posición a valorar, el Spinal Mouse® se colocaba sobre la apófisis espinosa de T1 y se desplazaba en sentido caudal sobre las apófisis espinosas del raquis hasta llegar al inicio de la zona sacra (marca de S1). En estudiantes en los que las apófisis espinosas sobresalían de forma importante, se pasó el Spinal Mouse® justo en el lateral de las apófisis espinosas, siguiendo un recorrido lineal.

3.2.2. Posturas valoradas

Para la medición en **bipedestación**, los escolares se colocaron en una posición relajada, con la mirada hacia delante, los brazos relajados en los costados, las rodillas extendidas, y los pies separados a una distancia equivalente a la anchura de sus caderas (figura 11).



Figura 11. Medición del raquis en bipedestación.

Para establecer una clasificación de los valores de la curvatura torácica en bipedestación, se utilizaron los siguientes valores (Contreras, Miranda, Ordoñez, Miranda & Díez, 1981; López-Miñarro, 2003; Santonja, 1993):

- ✓ Rectificación torácica: $< 20^\circ$.
- ✓ Curva normal: entre 20 y 45° .
- ✓ Hiper cifosis leve: de 46 a 60° .
- ✓ Hiper cifosis moderada: entre 61 y 80° .

Siguiendo a López-Miñarro (2003), Pastor (2000) y Rodríguez (1998), los valores de la curvatura lumbar se clasificaron en:

- ✓ Rectificación lumbar (valores inferiores a -20°).
- ✓ Normal (entre -20 y -40°).
- ✓ Hiperlordosis lumbar (valores mayores a -40°).

La medición en **bipedestación con autocorrección** se realizó con los sujetos colocados en una posición relajada, con la mirada hacia adelante, los brazos relajados en los costados, las rodillas extendidas, y los pies separados a una distancia equivalente a la anchura de sus caderas. Para la medición, se le indicó al participante que colocara su columna vertebral lo más recta que pudiera, intentando “crecer”, o sea, estirarse hacia arriba lo que pudiera, sin separar las plantas del pie del suelo (figura 15).



Figura 15. Medición del raquis en bipedestación con autocorrección.

Para valorar la disposición del raquis en **máxima flexión del tronco en sedentación**, se utilizó la posición adoptada en el test *MacRae & Wright*. Este test ha sido usado en diversos estudios como criterio de flexibilidad intervertebral, mostrando una alta validez concurrente con la medición radiográfica ($r= 0,97$). Para realizar el test, el sujeto se colocó sentado en un banco, con sus rodillas en un ángulo de 90° y las plantas de los pies en contacto con el suelo. Desde esta posición, el sujeto realizó una flexión máxima del tronco. Una vez alcanzada la misma, se procedió a la medición con el *Spinal Mouse* de las angulaciones de la curva dorsal y lumbar, así como de la inclinación de la pelvis (figura 13).

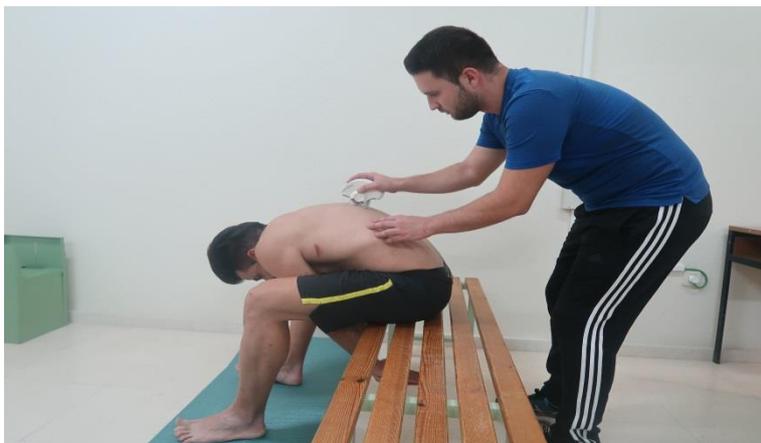


Figura 13. Medición del raquis en máxima flexión sentado.

En la valoración de la disposición del raquis en **máxima extensión en bipedestación**, los participantes se colocaron con las manos apoyadas en la

zona lateral de las crestas ilíacas, con las rodillas extendidas, y los pies separados a una distancia equivalente a la anchura de sus caderas. A partir de esta posición se le indicó a los participantes que realizaran la máxima extensión lumbar posible, sin desequilibrarse (figura 16).

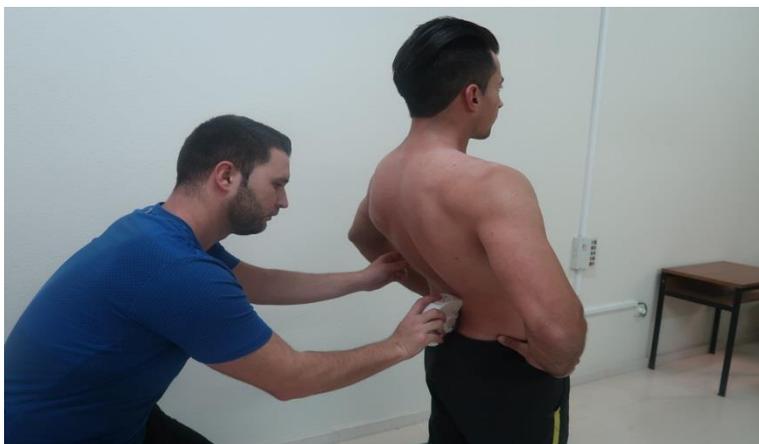


Figura 16. Medición del raquis en máxima extensión en bipedestación.

3.2.3. Medidas antropométricas

La valoración de todas las medidas antropométricas se realizó partiendo de la posición antropométrica de referencia. El sujeto se colocó en bipedestación, con el peso distribuido por igual entre ambas piernas, los talones juntos y los pies formando un ángulo de 45° entre ellos, mirando al frente, situando los brazos a lo largo del cuerpo y relajados y con las palmas de las manos orientadas hacia el cuerpo y con los dedos extendidos (Alacid,2009).

3.2.3.1. Puntos antropométricos

Partiendo desde la posición antropométrica, se procedió a marcar los puntos antropométricos de referencia necesarios para tomar las longitudes y alturas. Para ello se utilizó un rotulador. Las marcas anatómicas de los puntos antropométricos se tratan, por lo general, se puntos óseos identificables por palpación que identifican la localización exacta del punto para servir de referencia. En la presente tesis doctoral se marcaron los siguientes puntos antropométricos siempre en el lado derecho de la participante, procediendo tras

la marcación al chequeo de las mismas con la intención de evitar errores de medición (Stewart et al., 2011):

- Acromiale: punto en el borde superior de la parte más lateral del acromion.
- Radiale: punto en el borde proximal y lateral de la cabeza del radio.
- Stylium: punto más distal en el borde lateral de la apófisis estiloides del radio.
- Stylium medio: punto medio, en la cara anterior de la muñeca, de la línea horizontal medida a nivel del Stylium.
- Iliospinale: extremo inferior de la espina ilíaca antero-superior.
- Trochanterion: punto superior del trocánter mayor del fémur.

3.2.3.2. Medidas básicas

Una vez marcados todos los puntos antropométricos de referencia, descritos anteriormente, se procedió a la toma de medidas en orden y siguiendo las siguientes instrucciones:

- Talla sentado. Para determinar la variable se valoró la distancia perpendicular en centímetros entre los planos transversales del punto del Vértex y la zona inferior del glúteo con el sujeto sentado en un banco sueco realizando una flexión de 90° de cadera y rodillas. Manteniendo esta posición, se le pidió al sujeto que mantuviera la respiración y la cabeza en el plano de Frankfort llevando a cabo una tracción moderada en las apófisis mastoides. Para la medición de la longitud se colocó una escuadra en la cabeza para marcar el punto más distal del cuerpo en la pared y posteriormente medir la distancia desde este punto hasta el suelo con el segmómetro. Finalmente se le restó a la distancia obtenida la altura del banco sueco (figura 17).



Figura 17. Talla sentado.

3.2.3.3. Longitudes y alturas

Las longitudes son las distancias existentes entre dos puntos antropométricos de referencia. Este grupo se encuentran también las alturas, que son las distancias verticales desde el suelo hasta un punto antropométrico determinado. Por ello, se midieron las siguientes longitudes y alturas utilizando un segmómetro Cescorf (Cescorf, Brasil) y midiendo la toma de valores en centímetros:

- Longitud del brazo sentado. Para determinar la variable se valoró la distancia perpendicular en centímetros entre la porción posterior del músculo deltoides apoyada en la pared y la falange más distal de la mano con el sujeto sentado en un banco sueco con la cabeza y las escápulas apoyadas en la pared realizando una flexión de 90° de cadera y rodillas. Manteniendo esta posición, se le pidió al sujeto que mantuviera la respiración y que levantara el brazo estirado hacia delante hasta la altura de los hombros manteniendo la posición. Para la medición de la longitud se utilizó un segmómetro (figura 18).



Figura 18. Longitud del brazo sin antepulsión

- Longitud del brazo sentado con antepulsión de hombros. Para determinar la variable se valoró la distancia perpendicular en centímetros entre la vértebra C1 y la falange más distal de la mano con el sujeto sentado en un banco sueco con la cabeza y las escápulas apoyadas en la pared realizando una flexión de 90° de cadera y rodillas. Manteniendo esta posición, se le pidió al sujeto que mantuviera la respiración y estirara hacia delante todo lo que pudiera los brazos, colocados uno encima del otro haciendo coincidir las falanges, sin separar de la pared la parte dorsal de la espalda y llevando la cabeza hacia el cuerpo. Para la medición de la longitud se utilizó un segmómetro (figura 19).

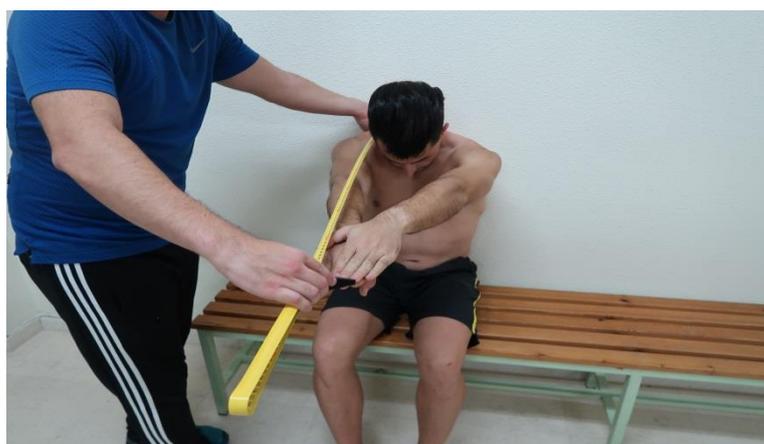


Figura 19. Longitud de los brazos con antepulsión

- Longitud del brazo. Para determinar la longitud de la variable se sumaron las longitudes acromiale – radiale, la radiale - stylion Midstyliion-Dactyliion y la de la mano.

- Longitud Acromiale-Radiale. Distancia entre los puntos Acromiale y Radiale con el sujeto en posición antropométrica y el brazo levantado con el codo flexionado 90° (figura 20).



Figura 20. Longitud acromiale - radiale

- Longitud Radiale-Styliion medio. Distancia comprendida entre los puntos Radiale y Styliion medio con el sujeto en posición antropométrica y el brazo levantado con el codo flexionado 90° (figura 21).



Figura 21. Longitud Radiale - Styliion medio

- Longitud de la mano. Distancia entre los puntos Stylión medio y la falange más distal de la mano. Para ello, el sujeto se situó en posición antropométrica con el codo flexionado 90° y los dedos extendidos (figura 22).



Figura 22. Longitud de la mano

- Altura ilioespinal. Distancia vertical desde el punto Iliospinal al suelo. Para realizar la toma de esta medida el sujeto se situó en bipedestación y con las piernas separadas a la altura de los hombros (figura 23).

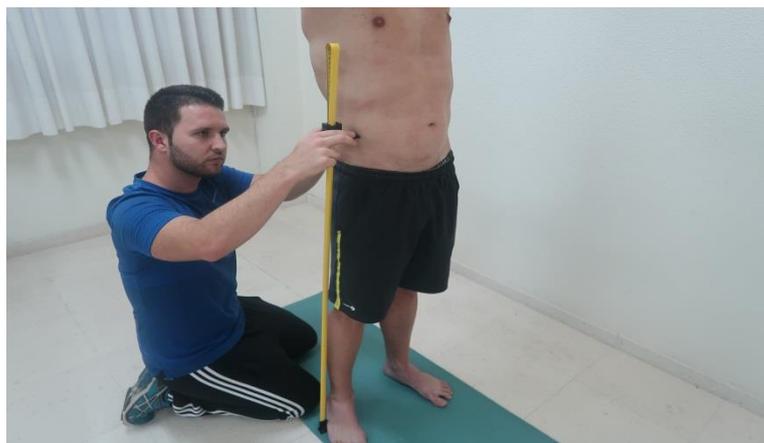


Figura 23. Altura ilioespinal

- Altura trocantérea. Distancia vertical desde el Trochanterion al suelo. Para realizar la toma de esta medida el sujeto se situó en bipedestación y con las piernas separadas a la altura de los hombros (figura 24).



Figura 24. Altura Trocantérea

- Longitud del pie. Distancia entre el punto más posterior del calcáneo y la falange más distal del pie. El sujeto se situó sentado sobre el banco sueco, con los pies separados apoyando el tobillo derecho sobre el cuádriceps de la pierna izquierda. Esta medida se realizó con un antropómetro Siber-Hegner GPM (Siber-Hegner, Suiza) (figura 25).



Figura 25. Longitud del pie

3.2.4. Valoración de la Extensibilidad isquiosural

Para determinar la extensibilidad isquiosural se llevaron a cabo diversos test, tanto lineales (sit-and-reach y dedos-suelo) como angulares (elevación de la pierna recta).

Test sit-and-reach

Para realizar la medición la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* se empleó un cajón de medición de 30 cm de altura con una regla adosada. Para la ejecución del test, el estudiante se situó en sedentación, con las rodillas extendidas, los pies separados a la anchura de sus caderas y las plantas de los pies situadas perpendiculares al suelo, en contacto con el cajón de medición y con las puntas de los pies dirigidas hacia arriba (figura 26).

A todos los participantes se les dieron las siguientes instrucciones: “*con una mano sobre la otra, las palmas de las manos hacia abajo, con los dedos y los codos estirados y manteniendo las rodillas estiradas en todo momento, flexiona lentamente el tronco tanto como puedas, empujando la regla con las puntas de los dedos de las manos hasta alcanzar la máxima distancia posible, y mantén la posición durante 3 segundos*”. Durante la medición, un investigador se encargó de fijar las rodillas para que se mantuvieran en extensión. La distancia alcanzada se midió en centímetros. El valor 0 cm correspondió a la tangente de las plantas de los pies, siendo positivos los valores cuando las falanges distales del carpo superaban la tangente y negativos cuando no la alcanzaban. El test se llevó a cabo con ropa deportiva, pero sin calzado.

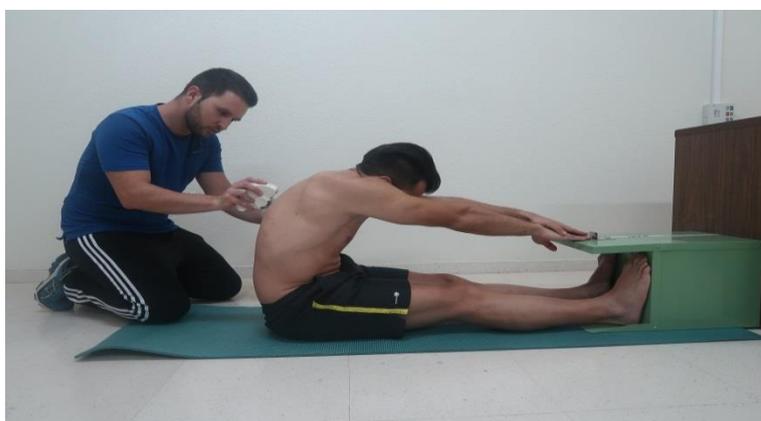


Figura 26. Test *sit-and-reach*.

La prueba se repitió en dos ocasiones, con un minuto de recuperación entre ambas y se utilizó la media para el análisis estadístico. Entre ambas mediciones, los participantes permanecieron en bipedestación sin realizar ejercicio y/o estiramiento alguno.

Para clasificar los valores de distancia alcanzada en este test se utilizaron las referencias de Ferrer (1998), que clasificaba los valores de este test en: normalidad ≥ -3 cm; cortedad grado I entre -3 y -9 cm; y cortedad grado II ≤ -10 cm.

En este test se procedió a medir también la curvatura raquídea y la posición de la pelvis, mediante el *Spinal Mouse*, al alcanzar la posición de máxima flexión del tronco. Para ello se colocó aquél al inicio de la curvatura dorsal y, a continuación, se desplazó caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta llegar a S1. El *Spinal Mouse* determinó las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.

Los valores de la curvatura torácica en esta posición se clasificaron en (Martínez, 2004; Rodríguez, 1998):

- Normalidad $< 67^\circ$;
- Morfotipo cifótico leve entre 67 y 76° ; y
- Morfotipo cifótico moderado $> 76^\circ$

En cuanto a los valores de la curva lumbar se clasificaron en: normal $< 23^\circ$; morfotipo cifótico leve, de 23 a 31° ; y morfotipo cifótico moderado $> 31^\circ$ (Martínez, 2004).

Test de distancia dedos-suelo

El participante se colocó en bipedestación sobre un cajón de medición, con los pies separados a la anchura de sus hombros, colocando las rodillas extendidas y la palma de la mano derecha sobre la mano izquierda. A continuación, realizó una flexión máxima del tronco, manteniendo los codos y las rodillas extendidas, deslizando las manos por el cajón de forma lenta y progresiva hasta alcanzar la máxima distancia posible. Una vez que se

alcanzaba, se mantuvo la posición durante 2 segundos, procediendo a medir la distancia alcanzada, en centímetros (figura 27).



Figura 27. Test de distancia dedos-suelo con medición del raquis con el Spinal Mouse.

Si el participante no superaba la línea de la tangente de las plantas de sus pies (0 cm), se considerarán valores negativos. Cuando la sobrepasaba se consideraron como valores positivos. La prueba se repitió en dos ocasiones, sin recuperación entre ambas, y se utilizó la media para el análisis estadístico. De acuerdo con Ferrer (1998), se clasificaron los valores de referencia del test en: normalidad ≥ -4 cm; cortedad grado I entre -4 y -11 cm; cortedad grado II ≤ -12 cm.

Al alcanzar la posición de máximo alcance, también se procedió a medir la curvatura raquídea y la posición de la pelvis con el *Spinal Mouse*. Para ello se colocó al inicio de la curvatura dorsal (T1) y a continuación se desplazó caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta llegar a S1. El *Spinal Mouse* determinó las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical. En relación a la posición de la pelvis, un valor de 90° representó que ésta se encontraba en posición horizontal. Ángulos inferiores reflejaron una retroversión pélvica, mientras que ángulos superiores correspondieron a una anteversión de la pelvis (flexión pélvica).

Para establecer una clasificación de los valores de la curvatura torácica en esta posición, de acuerdo con lo expuesto por Martínez (2004), se clasificaron en: normalidad $< 52^\circ$; morfotipo cifótico leve, entre 52 y 63° ; morfotipo cifótico moderado, $> 63^\circ$. La zona lumbar se clasificó en normalidad ($< 22^\circ$); morfotipo cifótico leve (de 22 a 29°); y morfotipo cifótico moderado ($> 29^\circ$).

Test pasivo de elevación de la pierna recta

El participante se colocó en decúbito supino sobre una camilla (Ecopostural), y se procedió a la elevación de la extremidad inferior con rodilla extendida, de forma lenta y progresiva, hasta que manifestara dolor en la zona poplítea y/o se detectara una basculación pélvica posterior. Para la determinación del ángulo de flexión coxofemoral se utilizó un inclinómetro digital ACUMAR (*Acumar Single Digital Inclínometer*), colocado en la tuberosidad tibial (figura 28). Para estandarizar la posición en la que se colocaba el inclinómetro, se procedió a marcar un punto 3 cm por encima de la línea que unía el centro de los maléolos tibial y peroneo.

Las consignas que se aportaron a los participantes fueron: *“vamos a levantar la pierna poco a poco. Tienes que dejarla relajada y tienes que soportar la sensación de tirantez todo lo que puedas hasta que la tensión te provoque dolor en la zona de atrás de la rodilla, momento en el que debes avisarnos”*. La medición se llevó a cabo en ambas extremidades por separado y de forma aleatoria. Se empleó la colocación del *Lumbosant* o soporte lumbar para disminuir la retroversión pélvica como efecto de la tracción muscular (Santonja, Sáinz de Baranda, Rodríguez, López-Miñarro, & Canteras, 2007). Un ayudante mantuvo la extremidad contralateral extendida y en contacto con la camilla, evitando la rotación externa, así como la rotación de la pelvis en su eje longitudinal. Otro ayudante se encargó de fijar la pelvis y controlar la basculación sagital de la misma. Se indicó a los participantes que colocaran el tobillo en máxima flexión plantear, para reducir la tensión neural en la zona poplítea.

La prueba se repitió en dos ocasiones, con un minuto de recuperación entre ambas y se utilizó la media para el análisis estadístico. Entre ambas mediciones, los participantes permanecieron en la camilla, en posición de reposo.



Figura 28. Test pasivo de elevación de la pierna recta.

Se clasificaron los valores de normalidad de acuerdo con las referencias de Ferrer (1998), Martínez (2004), Pastor (2000), y Rodríguez (1998), considerando como normalidad un ángulo mayor o igual a 75° , cortedad grado I valores entre 61° y 74° , y cortedad grado II valores menores o iguales a 60° .

Test activo de elevación de la pierna recta

El participante se colocó en decúbito supino sobre la camilla y procedió a la elevación de la extremidad inferior con rodilla extendida de forma lenta y progresiva hasta el máximo rango de movimiento que pudiera alcanzar, manteniendo la rodilla extendida y el tobillo en máxima flexión plantar. En ese momento el explorador le colocó el inclinómetro digital en la tuberosidad tibial para determinar el ángulo de flexión coxofemoral (figura 29). Igualmente, se procedió a marcar el punto en el que se colocaba el inclinómetro de la forma descrita en el test pasivo de elevación de la pierna recta.

Las consignas que se aportaron fueron: *“vas a elevar la pierna, manteniendo la rodilla extendida, hasta el máximo que puedas llegar”*. La medición se llevó a cabo en ambas extremidades por separado y de forma

aleatoria. En este test también se colocó el *Lumbosant* del mismo modo que se hace en el test EPR pasivo. La prueba se repitió en dos ocasiones, sin tiempo de recuperación entre ambas, y se utilizó la media para el análisis estadístico.

Puesto que no existen referencias de normalidad para el test EPR activo, los valores se clasificaron usando las referencias de Ferrer (1998) para el EPR pasivo, teniendo en cuenta que los valores de un test EPR activo siempre son inferiores al pasivo.

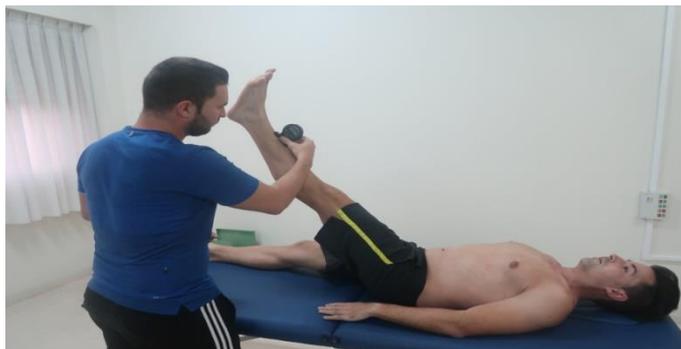


Figura 29. Test de elevación de la pierna recta activo.

3.2.4. Programa de estiramiento isquiosural en escolares de Secundaria

El programa de estiramientos se realizó al comienzo de cada una de las dos clases semanales de Educación Física, con una duración total de 5 semanas (10 sesiones en total). Los estudiantes realizaron un protocolo de estiramientos de diversos grupos musculares, realizados en la parte final de la sesión de clase: gemelos, cuádriceps, adductores, pectoral mayor, oblicuos e isquiosurales. De estos últimos se realizaron tres ejercicios, con una duración total de 70s. Todo el programa estuvo dirigido por el profesor de la asignatura de Educación Física, siendo supervisado por el investigador principal. Los estiramientos que se realizaron fueron:

- **Estiramiento 1:** en bipedestación, se apoyó el talón de la extremidad a estirar en una superficie elevada de entre 50 cm y 80 cm de altura (en función de la altura y capacidad de extensibilidad), manteniendo el tobillo en una posición neutral. La otra pierna se mantenía extendida, y con el pie dirigido hacia delante, evitando una rotación externa coxofemoral. En esa posición, había que intentar acercar las dos manos hacia los pies a través de un movimiento de

flexión coxofemoral, con el raquis lo más alineado posible y manteniendo una adducción escapular, hasta alcanzar una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea. La posición se mantuvo durante 20 segundos e, inmediatamente después, se realizó con la otra pierna (Figura 30a).

- **Estiramiento 2:** en bipedestación, manteniendo las rodillas extendidas y sin rotación coxofemoral alguna, los participantes inclinaban el tronco a través del eje coxofemoral, manteniendo la columna vertebral lo más alineada posible, hasta alcanzar una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea, manteniendo la posición durante 30 segundos (Figura 30b).

- **Estiramiento 3:** en bipedestación, el pie de la extremidad a estirar se colocó por delante del apoyo del pie de la otra pierna. El tobillo de la pierna a estirar se colocó en ligera flexión dorsal para apoyar el talón, con la rodilla extendida. La rodilla de la otra pierna se colocó en flexión. En esa posición, los participantes inclinaban el tronco, intentando acercar las manos hacia los pies, pero manteniendo una adducción escapular y el raquis lo más alineado posible, hasta alcanzar una sensación de tirantez moderada-intensa en la zona poplítea. Dicha posición se mantuvo durante 20 segundos e inmediatamente después se realizó con la otra pierna (Figura 30c).

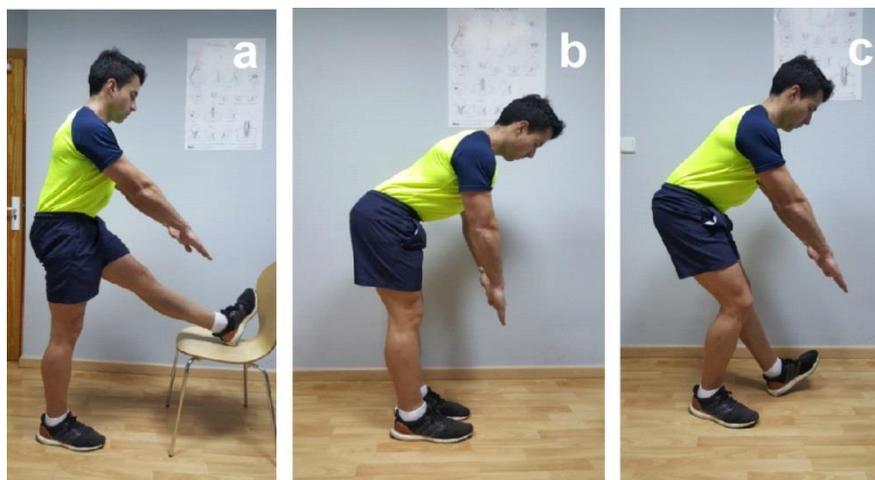


Figura 30. Estiramientos del programa de intervención y del protocolo de calentamiento basado en estiramientos.

3.2.5. Protocolos de calentamiento en el grupo de escolares de Primaria

El protocolo de calentamiento basado en la realización de estiramientos de la musculatura isquiosural, se basó en los mismos tres ejercicios que los utilizados en el programa de estiramiento de Secundaria, y con la misma duración (total de 70 s) (figura 30a, b y c). Una vez finalizado el protocolo de estiramientos, se procedió a medir de nuevo las variables dependientes.

El protocolo de calentamiento basado en la realización de la carrera consistió en correr, de manera continua, sin paradas, alrededor de la pista polideportiva exterior del centro educativo, a una intensidad media, elegida de forma libre por los escolares, durante 5 minutos. Una vez finalizado el protocolo de estiramientos, se procedió a medir de nuevo las variables dependientes.

3.3. ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR

El explorador fue formado en conocimientos, manejo y utilización del Spinal Mouse y su software específico para este instrumento de evaluación raquídea (MediMouse Software) por el director de la tesis doctoral. De la misma manera, recibió formación sobre todas las mediciones, test e instrumentos asociados a ellos incluidos en el presente estudio.

A lo largo de ese año, para poner en práctica todos los conocimientos adquiridos, el explorador realizó mediciones a personas ajenas a esta muestra de estudio, además de participar como ayudante en la toma de datos de algunas investigaciones que utilizaban un método similar.

Para establecer la fiabilidad de las medidas, se realizaron mediciones de las curvas torácica y lumbar e inclinación pélvica en posiciones que se pueden mantener estables de forma sencilla (bipedestación con apoyo de la parte anterior en una pared, tumbado en decúbito prono y sentado en flexión máxima del tronco, manteniendo las rodillas flexionadas). Las mediciones se realizaron en tres ocasiones a 10 escolares de Primaria y otros 10 de Secundaria, que no participaban en el estudio. A los mismos sujetos se les valoró en dos ocasiones, con un minuto de recuperación entre ambas, el ángulo de flexión de cadera con rodilla extendida en el test de elevación de la pierna recta y la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach*.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Puesto que las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico en base a pruebas paramétricas. Para la obtención de los resultados se realizó una estadística descriptiva con la obtención de los valores medios y desviación típica.

Para establecer las diferencias en la distancia alcanzada en los test de extensibilidad isquiosural y ángulos de las curvas raquídeas e inclinación pélvica en las posturas evaluadas, entre las mediciones realizadas antes (pre-test) y después (post-test) del programa de estiramientos, así como para comparar los valores antes y después del protocolo de calentamiento, se utilizó una prueba *t-student* para muestras dependientes. Para comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test en el protocolo de calentamiento entre ambos grupos, se aplicó una prueba *t-student* para muestras independientes. También se utilizó esta misma prueba para establecer si había diferencias entre ambas extremidades en el test de elevación de la pierna recta, tanto pasivo como activo.

La validez de criterio se calculó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los test lineales y el test EPR. Con aquellas variables que mostraron una correlación significativa se realizó un análisis de regresión lineal simple.

Para conocer el tamaño del efecto se calculó el coeficiente d de Cohen con el programa *Microsoft® Excel 2010 (Microsoft Corporation, EE.UU.)*. Un valor menor de 0,2 se consideró un tamaño del efecto bajo, un valor sobre 0,5 un tamaño del efecto moderado y un valor superior a 0,8 un tamaño del efecto alto (Cohen, 1988).

Para estimar la fiabilidad de las medidas se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) del ANOVA de dos factores (3,k) (Shrout & Fleiss, 1979).

Se estableció un valor de $p < 0,05$ para determinar la significación estadística. El análisis estadístico se realizó mediante el *software SPSS (versión 24,0; SPSS Inc., IL)*.

Resultados

- 4.1. VALORES DE FIABILIDAD INTRAEXPLORADOR
- 4.2. RESULTADOS DEL PROGRAMA DE ESTIRAMIENTO ISQUIOSURAL EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA
- 4.3. RESULTADOS DE LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA
- 4.4. CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES EN LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA
- 4.5. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS EN EL TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO.

4.1. VALORES DE FIABILIDAD INTRAEXPLORADOR

Los valores de fiabilidad intraexplorador (mediante el coeficiente de correlación intraclase, ICC) para cada una de las variables dependientes (raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en las posiciones evaluadas), así como en la extensibilidad isquiosural, oscilaron entre 0,87 y 0,92 ($p < 0,001$).

4.2. RESULTADOS DEL PROGRAMA DE ESTIRAMIENTO ISQUIOSURAL EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

Extensibilidad de la musculatura isquiosural

Tras la aplicación de un programa, a corto plazo, de estiramiento isquiosural en estudiantes de Educación Secundaria, los participantes mostraron, en el test pasivo de elevación de la pierna recta (EPR), una mejora significativa tras el programa de estiramientos, con una diferencia de medias entre el pre- y post-test de $+8,83^{\circ}$ para la pierna izquierda, y de $+9,10^{\circ}$ para la pierna derecha. No hubo diferencias significativas en los valores del test EPR entre la pierna derecha e izquierda. El tamaño del efecto (d de Cohen) de los cambios, tras el programa de estiramientos, en el test de EPR entre el pre- y post-test fue alto para ambas piernas (tabla VIII).

Tabla VIII. Valores medios y desviación típica del test de elevación de la pierna recta.

Test de elevación de la pierna recta				
	Pre-test	Post-test	<i>p</i> -valor	<i>d</i> Cohen
Pierna izquierda	80,14 ± 9,16°	88,97 ± 10,01°	< 0,001	0,85
Pierna derecha	81,27 ± 10,42°	90,37 ± 11,84°	< 0,001	0,90

En cuanto al test lineal *sit-and-reach*, la distancia media alcanzada por los participantes fue de $-3,11 \pm 10,3$ cm en el pre-test y $-0,64 \pm 10,44$ cm en el post-test (diferencia de medias: $2,46 \pm 3,15$ cm). La prueba *t* evidenció

diferencias significativas entre el pre-test y el post-test ($p < 0,001$), con un tamaño del efecto bajo ($d: 0,23$).

Al clasificar los valores del test EPR en base a las referencias de normalidad en el pre- y post-test, se evidencia una tendencia clara de disminución de la cortedad de la musculatura isquiosural en el post-test, tanto en la pierna derecha (Tabla IX) como en la izquierda (Tabla X).

Tabla IX. Clasificación de los estudiantes en función de la normalidad del ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta para la pierna derecha.

		POST-TEST		
		Cortedad grado II	Cortedad grado I	Normalidad
PRE-TEST	Cortedad grado II	0	1	0
	Cortedad grado I	0	2	8
	Normalidad	0	1	31

Tabla X. Clasificación de los estudiantes en función de la normalidad del ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta para la pierna izquierda.

		POST-TEST		
		Cortedad grado II	Cortedad grado I	Normalidad
PRE-TEST	Cortedad grado II	0	1	0
	Cortedad grado I	0	2	10
	Normalidad	0	0	30

En cuanto al test *sit-and-reach*, también se evidencia una tendencia a la normalidad en el post-test, ya que se produce un descenso de los casos de cortedad, y de forma asociada, un aumento de los casos con una extensibilidad

considerada normal, en función de la distancia alcanzada en este test (Tabla XI).

Tabla XI. Clasificación de los escolares en función de la normalidad de la distancia alcanzada en el test de *sit-and-reach*.

		POST-TEST		
		Cortedad grado II	Cortedad grado I	Normalidad
PRE-TEST	Cortedad grado II	8	4	0
	Cortedad grado I	2	11	5
	Normalidad	0	0	25

Disposición sagital del raquis y pelvis

En cuanto a la posición de la columna vertebral, los valores medios de la postura raquídea y pelvis en bipedestación habitual y en el test de flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas extendidas (*test sit-and-reach*) se presentan en la tabla XII. Se evidenció una curva torácica ligeramente menor (diferencia de medias: $-2,12^\circ$) y una menor retroversión pélvica (diferencia de medias: $-2,11^\circ$) en el post-test. En bipedestación relajada, no hubo diferencias significativas entre el pre- y post-test.

Tabla XII. Valores medios y desviación típica de los valores de las curvas raquídeas e inclinación pélvica en las posturas evaluadas.

Bipedestación habitual				
	Pre-test	Post-test	p valor	d Cohen
Curva torácica	$43,44 \pm 9,26^\circ$	$42,88 \pm 9,62^\circ$	0,559	0,05
Curva lumbar	$-24,81 \pm 7,07^\circ$	$-25,58 \pm 7,13^\circ$	0,100	0,10
Inclinación pélvica	$13,76 \pm 5,75^\circ$	$14,52 \pm 5,84^\circ$	0,087	0,13
Flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas extendidas (<i>test sit-and-reach</i>)				
	Pre-test	Post-test	p valor	d Cohen

Curva torácica	70,00 ± 8,72°	67,88 ± 10,31°	0,039	0,22
Curva lumbar	33,77 ± 8,57°	33,96 ± 9,53°	0,724	0,02
Inclinación pélvica	-16,14 ± 12,23°	-14,03 ± 12,26°	0,003	0,16

Al clasificar los valores angulares, en función de los valores de normalidad, en la postura de bipedestación habitual se observa un ligero aumento de los alumnos con hipercifosis leve después del programa de intervención de la musculatura isquiosural, si bien la mayoría de la muestra presenta valores considerados normales (Tabla XIII). En la misma línea, en cuanto a la curva lumbar en bipedestación, se evidenció una clara tendencia a la normalidad (Tabla XIV).

Tabla XIII. Clasificación de los escolares en función de la normalidad de la cifosis torácica en bipedestación.

		POST-TEST		
		Rectificación torácica	Normalidad	Cifosis leve
PRE-TEST	Rectificación torácica	1	1	0
	Normalidad	0	24	6
	Cifosis leve	0	7	5
	Cifosis moderada	0	0	0

Tabla XIV. Clasificación de los estudiantes en función de la normalidad de la lordosis lumbar en bipedestación.

		POST-TEST		
		Rectificación lumbar	Normalidad	Hiperlordosis
PRE-TEST	Rectificación lumbar	4	3	0
	Normalidad	1	36	0
	Hiperlordosis	0	0	0

Al valorar la postura raquídea en la posición de máxima flexión en el test *sit-and-reach*, se encuentra una disminución del número de estudiantes con hipercifosis torácica en el post-test, evidenciándose una tendencia hacia la normalidad y, como consecuencia, un aumento de los casos con una curvatura torácica considerada normal (Tabla XV).

Tabla XV. Clasificación de los escolares en función de la normalidad de la cifosis torácica en el test *sit-and-reach*.

		POST-TEST		
		Normalidad	Mofotipo cifótico leve	Mofotipo cifótico moderado
PRE-TEST	Normalidad	16	5	0
	Mofotipo cifótico leve	9	11	8
	Mofotipo cifótico moderado	2	6	5

En relación al morfotipo del raquis lumbar en el test *sit-and-reach*, se evidencia una tendencia hacia la adopción de posturas más invertidas, tal y como muestra que varios estudiantes con un morfotipo cifótico lumbar leve, alcanzan valores de morfotipo cifótico moderado en el post-test (Tabla XVI).

Tabla XVI. Clasificación de los escolares en función de la normalidad de la lordosis lumbar en el test *sit-and-reach*.

		POST-TEST		
		Normalidad	Mofotipo cifótico leve	Mofotipo cifótico moderado
PRE-TEST	Normalidad	4	2	0
	Mofotipo cifótico leve	3	13	8
	Mofotipo cifótico moderado	0	1	31

4.3. RESULTADOS DE LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA

Extensibilidad de la musculatura isquiosural

Con respecto a la muestra de escolares de Educación Primaria, el grupo de estudiantes que realizó el protocolo de calentamiento basado en estiramientos musculares, evidenció una mejora significativa en el recorrido angular de flexión coxofemoral en el test de elevación de la pierna recta de ambas piernas y en la distancia alcanzada en el test de distancia dedos-suelo, con un tamaño del efecto moderado (tabla X). Esta mejora también se evidenció en el grupo que realizó el protocolo de calentamiento de carrera continua, obteniendo unos resultados muy similares al grupo de estiramientos.

Tabla X. Valores medios, desviación típica y significación estadística de los escolares en los protocolos de calentamiento para los test que valoran la extensibilidad isquiosural.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Dedos-suelo 1	-5,87 ± 5,88	-2,39 ± 5,69	3,48 ± 2,45	0,000	0,513
Dedos-suelo 2	-4,24 ± 5,62	-0,52 ± 5,97	3,71 ± 2,42	0,000	0,641
EPR derecha 1	67,93 ± 11,97	72,65 ± 12,19	4,72 ± 6,23	0,000	0,390
EPR derecha 2	70,18 ± 12,16	74,93 ± 12,99	4,75 ± 6,59	0,000	0,485
EPR izquierda 1	66,50 ± 11,74	72,78 ± 12,61	6,27 ± 5,19	0,000	0,515
EPR izquierda 2	69,38 ± 11,95	74,40 ± 12,91	5,02 ± 5,33	0,000	0,403
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Dedos-suelo 1	-5,58 ± 7,24	1,84 ± 6,69	3,73 ± 2,36	0,000	0,536
Dedos-suelo 2	-3,93 ± 6,76	-0,80 ± 5,77	3,12 ± 2,45	0,000	0,498
EPR derecha 1	68,88 ± 13,75	73,60 ± 13,97	4,72 ± 6,21	0,000	0,340
EPR derecha 2	72,05 ± 14,90	76,78 ± 15,00	4,72 ± 5,78	0,000	0,316
EPR izquierda 1	69,73 ± 13,72	74,43 ± 14,79	4,70 ± 6,71	0,000	0,065
EPR izquierda 2	72,50 ± 15,58	77,63 ± 15,21	5,12 ± 5,64	0,000	0,333

Al analizar las diferencias en función de la media de ambas mediciones de cada test, tanto en los valores del pre- como del post-test, se observa la misma tendencia, de modo que hay un incremento moderado de la distancia alcanzada en el test dedos-suelo entre el pre- y post-test de $3,59 \pm 2,30$ cm y en el recorrido angular de la cadera en el test de elevación de la pierna recta ($+5,65 \pm 4,95^\circ$ para la pierna izquierda y $+4,73 \pm 6,02^\circ$ para la pierna derecha) en el grupo que realizó el protocolo de estiramientos. De la misma manera, el grupo que realizó el protocolo de carrera obtuvo valores significativamente más altos en el test de distancia dedos-suelo ($+3,43 \pm 1,99$ cm) y test de elevación de la pierna recta, tanto en la pierna derecha ($4,72 \pm 5,36^\circ$), como en la pierna izquierda ($4,91 \pm 5,96^\circ$) (tabla XVII).

Tabla XVII. Valores medios, desviación típica y significatividad de las medias de las muestras emparejadas del grupo del protocolo de calentamiento en los diferentes test.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Dedos-suelo	$-5,05 \pm 5,70$	$-1,46 \pm 5,78$	$3,59 \pm 2,30$	0,000	0,625
EPR derecha	$69,05 \pm 11,93$	$73,78 \pm 12,48$	$4,73 \pm 6,02$	0,000	0,387
EPR izquierda	$67,93 \pm 11,78$	$73,58 \pm 12,69$	$5,65 \pm 4,95$	0,000	0,461
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Dedos-suelo	$-4,75 \pm 6,95$	$-1,32 \pm 6,18$	$3,43 \pm 1,99$	0,000	0,521
EPR derecha	$70,46 \pm 14,46$	$75,18 \pm 14,90$	$4,72 \pm 5,36$	0,000	0,321
EPR izquierda	$71,11 \pm 14,14$	$76,02 \pm 14,36$	$4,91 \pm 5,96$	0,000	0,344

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test de ambos protocolos de calentamiento, no se encontraron diferencias significativas (tabla XVIII).

Tabla XVIII. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento en los test de extensibilidad isquiosural.

Test	Protocolo estiramientos	Protocolo de carrera	p-valor
Dedos-suelo	3,59 ± 2,30	3,43 ± 1,99	0,567
EPR derecha	4,73 ± 6,02	4,72 ± 5,36	0,895
EPR izquierda	5,65 ± 4,95	4,91 ± 5,96	0,123

Disposición sagital del raquis y pelvis

En la tabla XIX se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica en la posición de bipedestación habitual. Se observa que los valores permanecen bastante estables entre las mediciones realizadas antes y después del protocolo de calentamiento, tanto en el caso de los estiramientos, como en el de carrera. Por ello, el tamaño del efecto es bajo en todas las mediciones.

Tabla XIX. Valores medios, desviación típica y significatividad de las curvaturas torácica, lumbar e inclinación pélvica de los escolares en la postura de bipedestación.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	35,25 ± 11,21	34,18 ± 10,56	1,07 ± 12,07	0,324	0,098
Columna lumbar	-21,30 ± 13,08	-22,28 ± 5,67	0,97 ± 11,62	0,599	0,097
Inclinación pélvica	12,83 ± 7,66	12,33 ± 5,46	0,50 ± 7,78	0,687	0,075
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	32,85 ± 9,68	31,13 ± 12,55	1,72 ± 8,91	0,228	0,153
Columna lumbar	-21,93 ± 8,56	-22,43 ± 6,95	0,50 ± 7,01	0,655	0,064
Inclinación pélvica	11,73 ± 6,67	10,73 ± 6,29	1,00 ± 5,80	0,282	0,154

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test de ambos protocolos, no se encuentran valores de significación estadística (tabla XX).

Tabla XX. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento para la bipedestación habitual.

	Protocolo de estiramientos	Protocolo de carrera	p-valor
Columna torácica	1,07 ± 12,07	1,72 ± 8,91	0,567
Columna lumbar	0,97 ± 11,62	0,50 ± 7,01	0,895
Inclinación pélvica	0,50 ± 7,78	1,00 ± 5,80	0,123

En relación los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica en la posición de bipedestación autocorregida (tabla XXI), se observa una tendencia similar a la bipedestación relajada, ya que se producen pequeñas modificaciones angulares, entre el pre- y post-test, que no alcanzan significación estadística (con tamaños del efecto muy bajos), en ambos protocolos de calentamiento.

Tabla XXI. Valores medios, desviación típica y significatividad de las curvaturas torácica, lumbar e inclinación pélvica de los escolares en bipedestación autocorregida.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	23,50 ± 12,99	23,15 ± 10,80	0,35 ± 12,97	0,811	0,029
Columna lumbar	-23,18 ± 14,92	-24,18 ± 7,84	1,00 ± 10,75	0,560	0,083
Inclinación pélvica	16,80 ± 8,43	16,35 ± 6,76	0,45 ± 8,50	0,740	0,058
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	20,20 ± 15,28	20,50 ± 13,56	0,30 ± 13,47	0,889	0,020
Columna lumbar	-22,00 ± 8,78	-22,90 ± 9,36	0,90 ± 7,28	0,657	0,099
Inclinación pélvica	14,88 ± 6,75	16,60 ± 7,11	1,72 ± 5,29	0,096	0,248

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test en la bipedestación autocorregida, de ambos protocolos, tampoco se encuentran valores de significación estadística entre ellos (tabla XXII).

Tabla XXII. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento para la bipedestación autocorregida.

	Protocolo de estiramientos	Protocolo de carrera	p-valor
Columna torácica	0,35 ± 12,97	0,30 ± 13,47	0,903
Columna lumbar	1,00 ± 10,75	0,90 ± 7,28	0,878
Inclinación pélvica	0,45 ± 8,50	1,72 ± 5,29	0,341

En la tabla XXIII se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica, en la posición de máxima extensión del tronco en bipedestación. En esta postura se produce una mayor lordosis lumbar y una menor inclinación pélvica anterior, si bien no existen diferencias estadísticamente significativas entre los ángulos del pre- y post-test, tanto en el protocolo de estiramientos como en el de carrera continua.

Tabla XXIII. Valores medios, desviación típica y significación de las curvaturas torácica, lumbar e inclinación pélvica de los escolares en ambos protocolos de calentamiento en la posición de máxima extensión del tronco en bipedestación.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	39,20 ± 14,23	40,28 ± 15,00	1,08 ± 13,86	0,453	0,073
Columna lumbar	-33,23 ± 16,73	-34,43 ± 8,70	1,20 ± 17,13	0,385	0,089
Inclinación pélvica	-5,95 ± 14,19	-5,10 ± 13,35	0,85 ± 15,15	0,725	0,061
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	p-valor	d Cohen
Columna torácica	36,53 ± 17,27	36,95 ± 13,77	0,42 ± 14,96	0,858	0,026
Columna lumbar	-35,15 ± 14,32	-35,50 ± 10,45	0,35 ± 15,55	0,888	0,027
Inclinación pélvica	-6,18 ± 12,49	-7,20 ± 12,88	1,02 ± 15,03	0,669	0,080

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test en la extensión máxima del tronco en bipedestación, de ambos protocolos, no se encuentran diferencias significativas (tabla XXIV).

Tabla XXIV. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento para la máxima extensión del tronco en bipedestación.

	Protocolo de estiramientos	Protocolo de carrera	<i>p</i> -valor
Columna torácica	1,08 ± 13,86	0,42 ± 14,96	0,918
Columna lumbar	1,20 ± 17,13	0,35 ± 15,55	0,909
Inclinación pélvica	0,85 ± 15,15	1,02 ± 15,03	0,675

Con respecto a los ángulos medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica en la posición de máxima flexión de tronco con rodillas flexionadas (Test *McRae & Wright*) (Tabla XXV), se muestra una mayor inclinación pélvica e inversión lumbar en el post-test para ambos protocolos de calentamiento, si bien estas diferencias no llegan a alcanzar significación estadística.

Tabla XXV. Valores medios, desviación típica y significatividad de las curvaturas torácica, lumbar y sacra de los escolares del protocolo de calentamiento en máxima flexión del tronco.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p</i> -valor	d Cohen
Columna torácica	63,50 ± 10,80	62,45 ± 10,29	1,05 ± 10,78	0,552	0,049
Columna lumbar	35,38 ± 13,15	38,28 ± 8,06	2,90 ± 12,68	0,156	0,265
Inclinación pélvica	39,58 ± 13,39	41,10 ± 11,11	1,52 ± 7,27	0,192	0,123
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p</i> -valor	d Cohen
Columna torácica	63,15 ± 9,95	64,23 ± 9,24	1,07 ± 8,23	0,414	0,112
Columna lumbar	40,55 ± 7,60	41,58 ± 6,64	1,02 ± 4,84	0,189	0,144
Inclinación pélvica	42,35 ± 8,42	43,60 ± 9,39	1,25 ± 6,59	0,237	0,140

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test en el test *McRae & Wright*, de ambos protocolos, no se encuentran diferencias significativas (tabla XXVI).

Tabla XXVI. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento para la máxima extensión del tronco en bipedestación.

	Protocolo de estiramientos	Protocolo de carrera	<i>p</i> -valor
Columna torácica	1,05 ± 10,78	1,07 ± 8,23	0,903
Columna lumbar	2,90 ± 12,68	1,02 ± 4,84	0,239
Inclinación pélvica	1,52 ± 7,27	1,25 ± 6,59	0,456

En la tabla XXVII se presentan los valores medios ± desviación típica de la postura del raquis torácico y lumbar, e inclinación pélvica, al alcanzar la posición de máxima flexión del tronco en el test de distancia dedos-suelo, en las dos mediciones realizadas. En la tabla XXVIII, por su parte, se presenta la media ponderada de cada variable. Los datos evidencian, en ambos protocolos, una menor cifosis torácica en el post-test, aunque con diferencias que no alcanzan significación estadística, así como una mayor cifosis lumbar e inclinación pélvica, en la posición de máxima flexión del tronco, alcanzando diferencias estadísticamente significativas para la posición de la pelvis.

Tabla XXVII. Valores medios, desviación típica y *p*-valor de las curvaturas torácica, lumbar y sacra de los estudiantes del protocolo de calentamiento en el test dedos-suelo.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p</i> -valor	d Cohen
Columna torácica 1	55,68 ± 14,40	54,70 ± 9,12	0,97 ± 10,73	0,569	0,081
Columna torácica 2	56,58 ± 10,19	54,73 ± 11,63	1,85 ± 11,61	0,112	0,169
Columna lumbar 1	36,70 ± 11,66	39,90 ± 12,19	3,20 ± 10,88	0,010	0,268
Columna lumbar 2	37,48 ± 10,66	39,53 ± 8,01	2,05 ± 10,90	0,004	0,217

Inclinación pélvica 1	56,83 ± 12,90	63,28 ± 9,78	6,45 ± 9,23	0,000	0,563
Inclinación pélvica 2	57,73 ± 17,56	64,68 ± 12,31	6,95 ± 13,70	0,000	0,458
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p-valor</i>	d Cohen
Columna torácica 1	57,83 ± 9,17	54,65 ± 9,58	3,17 ± 8,64	0,003	0,339
Columna torácica 2	55,73 ± 9,93	52,98 ± 8,28	2,75 ± 9,59	0,006	0,300
Columna lumbar 1	39,53 ± 7,90	41,40 ± 8,39	1,87 ± 7,16	0,054	0,229
Columna lumbar 2	41,43 ± 8,02	43,00 ± 9,15	1,57 ± 7,95	0,063	0,182
Inclinación pélvica 1	55,13 ± 10,91	61,10 ± 11,62	5,97 ± 5,60	0,000	0,529
Inclinación pélvica 2	56,93 ± 10,71	62,25 ± 10,90	5,32 ± 4,99	0,000	0,492

Tabla XXVIII. Valores medios, desviación típica y significatividad de las medias de las curvaturas torácica, lumbar e inclinación pélvica de los escolares, en ambos protocolos, en el test de distancia dedos-suelo.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p-valor</i>	d Cohen
Curva torácica	56,13 ± 11,08	54,71 ± 9,91	1,42 ± 1,31	0,142	0,135
Curva lumbar	37,09 ± 10,57	39,72 ± 6,65	2,63 ± 1,56	0,017	0,297
Inclinación pélvica	57,28 ± 10,74	63,98 ± 10,78	6,70 ± 4,82	0,000	0,622
PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA					
Test	Pre-test	Post-test	Diferencia	<i>p-valor</i>	d Cohen
Curva torácica	56,78 ± 8,38	53,82 ± 8,07	2,96 ± 7,12	0,032	0,359
Curva lumbar	40,47 ± 7,31	42,20 ± 7,73	1,73 ± 5,49	0,053	0,229
Inclinación pélvica	56,03 ± 10,99	61,68 ± 11,05	5,65 ± 5,41	0,000	0,512

Al comparar las diferencias de medias entre el pre- y post-test en el test de distancia dedos-suelo, de ambos protocolos, no se encuentran diferencias significativas entre los valores (tabla XXIX).

Tabla XXIX. Diferencia de medias y desviación típica entre ambos protocolos de calentamiento para en el test de distancia dedos-suelo.

	Protocolo de estiramientos	Protocolo de carrera	p-valor
Columna torácica	1,91 ± 1,31	2,96 ± 7,12	0,203
Columna lumbar	2,63 ± 1,56	1,73 ± 5,49	0,318
Inclinación pélvica	6,70 ± 4,82	5,65 ± 5,41	0,175

4.4. CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES EN LOS PROTOCOLOS DE CALENTAMIENTO EN ESCOLARES DE PRIMARIA.

Con el análisis correlacional de Pearson se determinó la relación entre los valores alcanzados en el EPR y la distancia y la inclinación pélvica en el test de distancia dedos-suelo.

Los valores de correlación entre la extensibilidad isquiosural valorada mediante el test EPR y el test de distancia DDS mostraron una relación de baja a moderada, aunque significativa tanto en el pre- como en el post-test en ambos protocolos de calentamiento (r entre 0,486 y 0,514; $p < 0,01$). Al contrastar los valores de correlación obtenidos antes y después de realizar los protocolos de calentamiento, no se encuentran diferencias importantes en los valores obtenidos, por lo que no parece que la realización del mismo pueda afectar a la validez de los test lineales en escolares de Educación Primaria (Tablas XXX y XXXI).

En cuanto a la disposición de la columna vertebral, se evidencia una mayor correlación de la inclinación pélvica en relación al valor del test de elevación de la pierna recta, con valores moderados-altos (r entre 0,718 y 0,800; $p < 0,01$). Así también, son moderados los valores de la relación entre la inclinación pélvica con la distancia alcanzada en el test de distancia dedos-suelo (r entre 0,654 y 0,713; $p < 0,01$). El raquis lumbar es el que muestra menor relación entre su posición en la posición de máxima flexión del tronco con respecto a la distancia alcanzada en el test y con la flexión coxofemoral alcanzada en el test de elevación de la pierna recta (Tablas XXX y XXXI).

Tabla XXX. Valores de correlación (Pearson) entre el test de elevación de la pierna recta y las medidas obtenidos en el test de distancia dedos-suelo en el protocolo de estiramientos, para el pre- y post-test.

PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS MUSCULARES								
	EPR medio		DDS dist		DDS Tor		DDS Lumb	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
Dist DDS	0,514**	0,498 *	-----	----	----	----	----	----
Tor DDS	-0,377*	-0,391*	-0,637**	-0,588**	----	----	----	----
Lumb DDS	0,420*	0,382*	0,340	0,355	-0,328*	-0,298	----	----
Pelvis DDS	0,800**	0,794**	0,690**	0,713**	-0,350*	-0,412*	0,490*	0,472*

EPR: test de elevación de la pierna recta; DDS: test de distancia dedos-suelo; dist: distancia alcanzada; Tor: raquis torácico; Lumb: raquis lumbar.

Tabla XXXI. Valores de correlación (Pearson) entre el test de elevación de la pierna recta y las medidas obtenidos en el test de distancia dedos-suelo en el protocolo de carrera, para el pre- y post-test.

PROTOCOLO DE CARRERA CONTINUA								
	EPR medio		Distancia DDS		DDS Tor		DDS Lumb	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
Dist DDS	0,486**	0,511**	-----	----	----	----	----	----
Tor DDS	-0,349**	-0,387**	-0,670*	-0,578**	----	----	----	----
Lumb DDS	0,402**	0,423**	0,224	0,267	-0,245	-0,298*	----	----
Pelvis DDS	0,718**	0,767**	0,654**	0,681**	-0,436*	-0,410*	0,464*	0,501**

EPR: test de elevación de la pierna recta; DDS: test de distancia dedos-suelo; dist: distancia alcanzada; Tor: raquis torácico; Lumb: raquis lumbar.

4.5 INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS EN EL TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO.

Al analizar la relación de parámetros antropométricos, se procedió en primer lugar a determinar la ratio de las longitudes que alejan al sujeto del cajón de medición (miembros inferiores), respecto a las longitudes que lo acercan al mismo (miembros superiores). Los valores mostraron una alta homogeneidad en la relación en la muestra de escolares, con valores que oscilaban entre 0,94 y 1,08. Es posible que el hecho de que se encuentren en período prepuberal determine la alta homogeneidad de la muestra en este sentido.

A continuación, se analizaron los valores de correlación de las diferentes medidas antropométricas tomadas con respecto a la distancia alcanzada en el test de distancia dedos-suelo. Todos los valores de correlación fueron bajos, tanto antes como después de efectuar un calentamiento, y en ambos protocolos (tabla XXXII).

Entre aquellas variables que correlacionaron significativamente se realizó un análisis de regresión lineal por pasos sucesivos para determinar la validez de las medidas tomadas en el test de distancia dedos-suelo como medida de la extensibilidad isquiosural. El análisis de regresión lineal mostró que no hubo variable antropométrica alguna que determinara significativamente la extensibilidad isquiosural en el test de distancia dedos suelo

Tabla XXXII. Valores de correlación (Pearson) entre las diferentes medidas antropométricas con la distancia alcanzada en el test dedos-suelo en ambos protocolos de calentamiento, para el pre- y post-test.

	Carrera		Estiramientos	
	Pre-	Post-	Pre-	Post-
Talla pie	-0,231	-0,228	-0,305	-,354*
Long. muslo	-0,189	-0,234	-,329*	-,330*
Long. pierna	-0,167	-0,216	-,359*	-,367*
Long. brazo	-0,293	-,322*	-0,282	-,323*
Long. antebrazo	-0,150	-0,204	-0,237	-0,308
Long. mano	-0,257	-0,302	-0,293	-,368*
Long. brazo en pared	-0,276	-,316*	-0,039	-0,079
Long. brazo antepulsión	-0,189	-0,222	-0,144	-0,204
Talla sentado	-0,216	-0,256	-0,127	-0,197

* $p < 0,05$; Long: longitud.

Discusión

5.1. MUESTRA DE ALUMNOS DE SECUNDARIA

5.2. MUESTRA DE ALUMNOS DE PRIMARIA

5.1. MUESTRA DE ALUMNOS DE SECUNDARIA.

Uno de los objetivos del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de estiramientos, en la extensibilidad isquiosural y disposición sagital del raquis de estudiantes adolescentes. El principal hallazgo fue que, tras el programa basado en estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural con una duración de 5 semanas, hubo un aumento de la extensibilidad, tal y como evidencian las mejoras del test de elevación de la pierna recta y la distancia alcanzada en el *sit-and-reach*. Estas mejoras se tradujeron en una mayor flexión pélvica y menor cifosis torácica en la posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas, aunque con un tamaño del efecto bajo.

5.1.1. Análisis del efecto crónico de un programa de estiramientos musculares en los valores angulares del raquis en bipedestación relajada y en flexión máxima del tronco en el test sit-and-reach.

La gran mayoría de estudios que han implementado un programa escolar de Educación Física, basado en estiramientos de la musculatura isquiosural, o que incluyen estos en un programa más integral, han concluido que son efectivos para la mejora de la extensibilidad de esta musculatura. Sin embargo, estos estudios no han valorado la posición de la columna vertebral, para determinar si esta mejora en la extensibilidad condiciona la disposición del raquis. Es precisamente la postura que se adopta con la columna vertebral la que determina, en sí misma, que aparezcan determinadas patologías.

Los resultados del presente estudio muestran que una mejora de la extensibilidad isquiosural no afecta a la disposición sagital del raquis torácico y lumbar, ni a la inclinación pélvica, en bipedestación relajada. Estos resultados coinciden con otros estudios que han valorado la relación entre la extensibilidad isquiosural y el morfotipo raquídeo en bipedestación en mujeres adultas (Muyor, López-Miñarro, & Casimiro, 2012b), adultos jóvenes (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y cols., 2012b) y deportistas adolescentes (López-Miñarro & Alacid, 2011a). Esto es debido a que en bipedestación, los isquiosurales no están bajo un suficiente estímulo de tracción que pueda influir en el ritmo lumbo-pélvico (López-Miñarro y cols., 2011a).

Tomando en cuenta los valores de normalidad en bipedestación relajada (Contreras y cols., 1981; López-Miñarro, 2003; Santonja, 1993) no se observan prácticamente cambios en las curvaturas lumbar y torácica. La extensibilidad isquiosural no influye en la posición de la pelvis en los movimientos que no implican una flexión del tronco debido a que la musculatura no genera la suficiente tracción como para ejercer algún tipo de incidencia en la posición de la pelvis (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y cols., 2012b, 2013b).

La extensibilidad isquiosural sí que influye en la posición pélvica y raquídea, cuando las rodillas se colocan extendidas o casi extendidas. De este modo, al analizar y comparar los valores angulares del raquis en el plano sagital, en base a los valores de normalidad en el test *sit-and-reach* (Martínez, 2004; Rodríguez, 1998), tras la puesta en práctica de un programa de estiramientos musculares, se observa que disminuyen los porcentajes de alumnos con morfotipo cifótico leve y moderado torácico y lumbar y aumentan los casos de normalidad.

El presente estudio encontró que una mayor extensibilidad se relaciona con una menor retroversión pélvica y menor cifosis torácica en la posición de máxima flexión del tronco, aunque con un tamaño del efecto bajo. Estos resultados son consistentes con estudios previos en otro tipo de poblaciones. Según Hasebe y cols. (2014) en las personas con más extensibilidad isquiosural, hay una mayor contribución pélvica en los movimientos de flexión del tronco.

En otro estudio posterior, Hasebe, Okubo, Kaneoka, Takada, Suzuki y Sairyō (2015), tras un programa de estiramiento isquiosural de 6 semanas, evidenciaron que el rango total de flexión pélvica se incrementaba de forma significativa en el test dedos-suelo. Fatemi, Javid y Najafabadi (2015), tras aplicar un programa basado en los ejercicios de William de una duración de 8 semanas (3 sesiones semanales de una hora de duración cada una) en chicas adolescentes con hiperlordosis lumbar, encontraron un aumento de la flexibilidad lumbar e isquiosural, así como una disminución de la lordosis lumbar. Todo ello se encuentra en consonancia con los resultados obtenidos en esta investigación, donde se puede observar como los sujetos pasan de

mostrar un morfotipo cifótico moderado a leve, o de leve a la normalidad, gracias a la mejora de la extensibilidad isquiosural.

Hace dos décadas, Ferrer (1998) consiguió establecer una relación importante entre la extensibilidad isquiosural y la posición del raquis tóraco-lumbar y pelvis en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas. Su trabajo en deportistas jóvenes, así como otros estudios, han demostrado que tras realizar un programa de mejora de la extensibilidad isquiosural, se produce un aumento del rango de movimiento de flexión coxofemoral y lumbar, así como una disminución del rango de flexión torácica (López-Miñarro & Alacid, 2010f; López-Miñarro y cols., 2012b, 2013b; López-Miñarro, Muyor, Alacid & Vaquero, 2014a; Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2011).

Varios estudios han valorado la relación que existen entre la postura del raquis y pelvis y la extensibilidad isquiosural de los sujetos analizados, observando en todos ellos altas correlaciones entre la extensibilidad isquiosural, la inclinación de la pelvis y el rango de flexión del tronco (Bellew, Ford & Shere, 2010; Esola y cols., 1996). En este sentido, los sujetos con menor extensibilidad tienen menor rango de flexión de tronco, limitaciones en el movimiento pélvico e incluso mayor rango de movimiento intervertebral, especialmente de flexión torácica (Carregaro y Coury, 2009; Gajdosik y cols., 1994; Sahrman, 2002; Tully y Stillman, 1997).

En los estudios realizados con deportistas se han obtenido unos resultados muy similares a los anteriores, concluyendo que los sujetos que mejoran su extensibilidad de la musculatura isquiosural reducen la cifosis torácica y aumentan la inclinación pélvica en posiciones de flexión del tronco con rodillas extendidas (Muyor, López-Miñarro & Alacid, 2011; López-Miñarro y cols., 2013b; López-Miñarro y cols., 2014a), existiendo incluso transferencia a las posiciones más específicas de ciertas modalidades deportivas, como el caso de los ciclistas al pedalear (Muyor, 2010; Muyor y cols., 2011; Usabiaga, Crespo, Iza, Aramendi, Terrados & Poza, 1997) o de los kayakistas al palear (López-Miñarro y cols., 2012b).

En ciclistas de mediana edad, Muyor, López-Miñarro, & Alacid (2013a) encontraron una baja, pero significativa, relación entre la extensibilidad

isquiosural y la disposición sagital del raquis en flexión del tronco con rodillas extendidas. En otro tipo de población, Muyor y cols. (2012), en mujeres de mediana edad, encontraron que un programa de estiramiento isquiosural de 12 semanas de duración, mejoraba la extensibilidad y modificaba el ritmo lumbo-pélvico, de modo que en el test dedos-suelo había menor cifosis torácica y más inclinación pélvica. López-Miñarro y cols. (2012b) en adultos jóvenes, comprobaron que inmediatamente después de una sesión de estiramiento isquiosural de 8 minutos, disminuía la cifosis torácica y retroversión pélvica al adoptar posiciones de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas. Estos cambios, suponen una mejora del ritmo lumbo-pélvico, por cuanto se reduce la flexión intervertebral, y con ello disminuyen los niveles de estrés raquídeo (McGill, 2002). Por estos motivos, es importante abordar el contenido de estiramientos musculares en las clases de Educación Física, enseñando a realizarlos de forma correcta, con una postura corporal adecuada, para que los estudiantes puedan ponerlos en práctica también fuera del ámbito educativo. Varias investigaciones han demostrado que un adecuado programa de higiene postural, que incluya estiramientos de los isquiosurales, puede reducir significativamente la frecuencia y gravedad de las desalineaciones dinámicas del raquis y las restricciones de la extensibilidad muscular (Andújar, Santonja, García de la Rubia, & Rodríguez, 1999; González, Martínez, Mora, Salto, & Álvarez, 2004; Santonja y cols., 2004).

Según López-Miñarro y cols. (2014b), esta relación entre el grado de extensibilidad y la posición de la pelvis y el raquis, depende de diversos factores, destacando entre ellos la posición de las rodillas. Cuando el sujeto tiene las rodillas estiradas, la distancia entre origen e inserción de la musculatura isquiosural es mayor y por lo tanto aumenta la tracción en la musculatura. Esta parece ser la variable clave que determina el estado de tracción de la musculatura isquiosural, afectando, por tanto, en menor o mayor grado al comportamiento de la columna vertebral al realizar movimientos de flexión del tronco.

Hasta hoy ha quedado bien establecido que una intervención a corto, medio o largo plazo, mejora la extensibilidad isquiosural, aunque aún existe cierta controversia en la explicación de este hecho. El aumento del rango de

movimiento articular se ha atribuido bien a cambios en la rigidez muscular (provocando deformación viscoelástica del músculo) o bien a modificaciones en la tolerancia al estiramiento (umbral del dolor) generados tras un estímulo de tracción (Useros & Campos, 2011). Intervenciones basadas en estiramientos de entre 3 y 8 semanas no cambian las propiedades mecánicas del tendón, aunque sí modifican la extensibilidad y tolerancia al estiramiento ante una fuerza de tracción muscular (Freitas, Mendes, Le Sant, Andrade, Nordez, & Milanovic, 2018). De un modo u otro, sea cual sea la causa del aumento del rango de movimiento, una mayor flexión coxofemoral permite adoptar posturas más saludables en los movimientos de flexión del tronco, al mejorar el ritmo lumbo-pélvico (López-Miñarro, Ferragut, Alacid, Yuste, & García, 2008d).

5.1.2. Análisis del efecto crónico de un programa de estiramientos musculares en la extensibilidad isquiosural en los test de elevación de la pierna recta pasivo y *sit-and-reach*.

Previamente al inicio del programa de intervención, un número elevado de estudiantes del presente estudio presentaba una extensibilidad isquiosural limitada, en concordancia con las características de las muestras de muchos de los estudios realizados en escolares, tanto en España como en otros países (Brodersen, Pedersen & Reimers, 1994; Castro-Piñero y cols., 2013; Ferrer, 1998; Rodríguez y cols., 2008a; Santonja y cols., 2004; Santonja & Pastor, 2003).

Esta alta frecuencia de casos con una extensibilidad isquiosural reducida, se ha relacionado a un proceso de crecimiento acelerado y al creciente sedentarismo propio de la sociedad actual, especialmente en la edad escolar (Patni y cols., 2013). Estudios como el de Vidal, Vidal, Almela y Vidal (2011) valoraron ese crecimiento con el paso de los años, afirmando que el porcentaje de cortedad en edad escolar ha aumentado más de un 15% en los últimos 20 años.

Para comprobar la influencia de la realización de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural sobre la extensibilidad en estudiantes de Educación Secundaria, en el presente estudio se aplicó un

programa basado en tres estiramientos estáticos entre 20 y 30 segundos durante 5 semanas, y que se realizaban en las clases de Educación Física. Para ello se tomaron datos antes (pre-test) y después (post-test) de la realización del programa, utilizando para la medición de la extensibilidad isquiosural el test angular de elevación de la pierna recta pasivo y el test lineal *sit-and-reach*. En ambos test se observaron diferencias significativas, con una mejora de 9,10° en el test de elevación de la pierna recta para la pierna derecha, 8,83° para la izquierda y 2,46 ± 3,15 cm en el test *sit-and-reach*.

Además, al analizar y comparar estos resultados con los valores de normalidad de los test *sit-and-reach* y el de elevación de la pierna recta pasivo (Ferrer, 1998; Martínez, 2004; Pastor, 2000; Rodríguez, 1998), después de realizar el programa de estiramientos, se observa una disminución de los porcentajes de cortedad de grado I y II, aumentando los casos de normalidad en ambos test.

En cuanto a la mejora de la extensibilidad isquiosural, los resultados del presente trabajo están en concordancia con los hallazgos de estudios previos sobre la extensibilidad isquiosural, tras implementar un programa de estiramientos en niños y adolescentes (Bojhar-Lax y cols., 2015; Coledam y cols., 2012; Mayorga-Vega y cols., 2014a; Nelson & Bandy, 2004; Rodríguez y cols., 2008; Sáinz de Baranda y cols., 2006; Santonja y cols., 2007; Zakas, Galazoulas, Grammatikopoulou, & Vergou, 2002). Las evidencias de estos estudios muestran que un programa de estiramiento isquiosural, realizado entre 6-32 semanas, con un volumen de estiramientos de entre 3 y 5 minutos por sesión, 2 o 3 veces por semana, aumenta significativamente los valores alcanzados en diversos test que valoran la extensibilidad de la musculatura isquiosural. No obstante, en estos estudios no se analizó la disposición de la columna vertebral, para valorar si un cambio en la extensibilidad influye en la postura.

Varios estudios en escolares de Educación Primaria (7-10 años) han mostrado una mejora de la distancia en el test *sit-and-reach* (+1,0-2,7 cm) tras aplicar un programa de entre 10-20 semanas, basado en 3-5 minutos de estiramiento isquiosural, en cada una de las clases de Educación Física, y realizados durante los períodos de calentamiento y vuelta a la calma (Mayorga-

Vega y cols., 2014a; Mayorga-Vega y cols., 2016; Sánchez Rivas y cols., 2014).

Los programas de estiramiento de mayor duración han mostrado mayores mejoras en la extensibilidad. Rodríguez y cols. (2008), en escolares de primaria, demostraron que un programa de estiramiento isquiosural en las clases de Educación Física, de una duración de 32 semanas, producía mejoras significativas en el test *sit-and-reach* (+ 7,22 cm), en escolares de Educación Secundaria. En la misma línea, Sáinz de Baranda (2009) realizó un programa de intervención de estiramientos de la musculatura isquiosural en las clases de Educación Física, en estudiantes de 2º de ESO (incluyendo chicos y chicas), consistente en 4 ejercicios durante 5 minutos en el calentamiento y 2 ejercicios durante 2 minutos en la vuelta a la calma, a lo largo de todas las sesiones del curso escolar (31 semanas). Sus resultados mostraron mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural (en torno a 7º en el test de elevación de la pierna recta en ambas piernas) en el grupo de escolares que realizó el programa de intervención. Martínez-García (2013) también evidenció mejoras en el test de elevación de la pierna recta (+6,3º en la pierna derecha y +4,6º en la izquierda) después de realizar un programa de 30 sesiones donde los sujetos realizaron ejercicios de estiramientos musculares, toma de conciencia postural y fortalecimiento muscular de varios grupos musculares. Los estiramientos fueron dos (uno unilateral y otro bilateral) y se desarrollaron de manera estática manteniendo la posición durante 10 segundos en el primer trimestre, 12 segundos en el segundo trimestre y 15 segundos en el tercer trimestre.

Otros programas de estiramiento muscular realizados en las clases de Educación Física, durante menos semanas (12-16 semanas), también han mostrado mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural, respecto a un grupo control que no estiraba (Coledam y cols., 2012; Zakas y cols., 2002). En una intervención de una duración (6 semanas) y volumen de estiramientos similar al del presente estudio, Nelson y Bandy (2004) mostraron una mejora significativa de la flexibilidad isquiosural en adolescentes entre 15-17 años, en comparación con un grupo control que no hizo estiramientos. En otro estudio en adolescentes de entre 12 y 14 años, en el que realizaban estiramientos

estáticos de la musculatura isquiosural, dos veces por semana durante 8 semanas, Mayorga-Vega y cols. (2015), encontraron un aumento en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach*.

Otros estudios han implementado otro tipo de programas escolares en las clases de Educación Física, integrado actividades de estiramiento isquiosural junto a actividades de fortalecimiento muscular y/o control postural. Moreira y cols. (2012) encontraron mejoras en el *sit-and-reach* (+3,38 cm), tras 6 semanas, en un programa de integraba actividades de fortalecimiento abdominal, lumbar, movilidad raquídea y estiramiento isquiosural. González-Gálvez, Carrasco, Marcos y Gomes de Souza (2015), tras aplicar en adolescentes un programa de Pilates de 6 semanas en las clases de Educación Física, que incluía, junto a actividades propias del método Pilates, estiramientos específicos de la musculatura isquiosural, evidenciaron una mejora significativa en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo (+ 3,38 ± 3,7 cm, en chicos; +3,85 ± 4.2 cm, en chicas).

En el estudio de Sáinz de Baranda y cols. (2006) con 63 escolares de primaria, encontraron un aumento de 8 cm en la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* con respecto al grupo control después de haber realizado un programa de estiramientos musculares estáticos a lo largo del curso escolar. En este sentido, Soriano-Férriz & Alacid (2018), en una revisión de la literatura, muestran que los programas escolares de estiramientos alcanzan mejoras significativas en los resultados obtenidos en los test *sit-and-reach*, dedos-suelo, elevación de la pierna recta y *back-saver-sit-and-reach* destacando que la frecuencia y la duración del programa tienen relación positiva con el efecto producido, obteniendo mejoras en los programas de unas pocas semanas.

De la misma manera, Bohajar-Lax, Baquero-Cristóbal, Espejo-Antúnez y López-Miñarro (2015) también encontraron un incremento de 2,15 cm en el test *sit-and-reach* tras haber realizado un programa de estiramientos estáticos y activos durante 5 semanas.

Otras investigaciones han encontrado un aumento significativo en la extensibilidad isquiosural en escolares utilizando otros test de medición, como el test de elevación de la pierna recta activo y pasivo, que también se han

utilizado en el presente estudio. Así por ejemplo, Santonja y cols. (2007) observaron mejoras en todos los grupos de edad (de 10 a 15 años) con respecto al grupo control, después de la realización de un programa de estiramientos estáticos durante el calentamiento y la vuelta a la calma.

Por otro lado, Useros y Campos (2011) encontraron un aumento significativo (6,91 cm y 3,94 cm) en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo en estudiantes de secundaria tras realizar un programa de estiramientos de 5 semanas basados en estiramientos musculares estáticos.

Otros estudios realizados con escolares fuera del área de Educación Física como el de Fatemi, Javid y Najafabadi (2015) encontraron un aumento en el ángulo alcanzado en el test de extensión de rodilla de 15,76° en adolescentes, tras haber realizado un programa de entrenamiento con estiramientos estáticos a lo largo de 6 semanas.

En este sentido, otros estudios con alumnos de Primaria y Secundaria han mostrado un incremento en el ángulo alcanzado en el test de elevación de la pierna recta, en el test del ángulo poplíteo y en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo modificado, después de la realización programas de estiramientos activos y tradicionales con una duración entre 6 y 8 semanas (Czaprowski y cols., 2013; Piqueras-Rodríguez y cols., 2016) siendo los datos de aumento del ángulo alcanzado en el test EPR muy similares a los obtenidos en esta investigación (9,3 grados).

Gran parte de las investigaciones que se han llevado a cabo con programas de estiramientos musculares en escolares de Primaria y Secundaria, para valorar la mejora en la extensibilidad de la musculatura isquiosural, han tenido una duración superior a 8 semanas, desarrollándose algunos de ellos a lo largo de todo un curso escolar.

Mula y Sainz de Baranda (2020) después de realizar una revisión bibliográfica de los estudios que han desarrollado programas de intervención de la extensibilidad de la musculatura isquiosural indican que aunque la gran mayoría obtiene mejoras en la extensibilidad, las verdaderas mejoras significativas se obtienen en los programas de mayor duración (32 semanas).

Solamente unas pocas investigaciones como la presente, han valorado el efecto de un programa de estiramientos a más corto plazo (unas pocas semanas) (Coledam y cols., 2012; Mayorga-Vega y cols., 2014; Nelson & Bandy, 2004; Sánchez y cols., 2014; Zakas y cols., 2002). A pesar de ello, pueden afectar varios factores en el efecto del programa como por ejemplo las diferencias en las características del sistema musculoesquelético entre escolares prepuberales y postpuberales. Esto es debido a que diferentes estudios ya han demostrado que se reduce la extensibilidad isquiosural conforme aumenta la edad, si no se realizan estiramientos de dicha musculatura en la infancia y adolescencia (Carbonell, Aparicio & Delgado, 2009; Rodríguez y cols., 2008a).

Por otro lado, otros estudios han valorado los efectos de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural en deportistas de disciplinas muy diversas. Se han obtenido mejores resultados de los valores de la musculatura isquiosural en tenistas (Kibler & Chandler, 2003), jugadores de balonmano (Zakas, Vergou, Grammatikopoulou, Zakas, Sentelidis & Vamyakoudis, 2003), remeros (Álvarez-Yates & García-García, 2018), atletas (Guex, Lugin, Borloz & Millet, 2016), futbolistas (Piqueras-Rodríguez, Palazón-Bru y Gil-Guillén, 2016; Rodríguez, Sánchez, Rodríguez, & Villa, 2016; Vaquero-Cristóbal y cols., 2012, 2013) y jugadoras de fútbol sala (Ayala y cols., 2010) después de haber realizado sus programas de intervención, todos ellos basados en estiramientos y técnica similares a los del presente estudio.

Tras el análisis de este estudio y de las diferentes investigaciones similares sobre la influencia de la realización de un adecuado programa de extensibilidad isquiosural y mejora postural, podemos afirmar que la Educación Física puede reducir significativamente el número de casos y gravedad de las dos alteraciones prevalentes del ámbito motor en Educación Primaria y Secundaria, como son las desalineaciones del raquis y la cortedad de la extensibilidad muscular (Andújar, Santonja, García de la Rubia & Rodríguez, 1999; González, Martínez, Mora, Salto & Álvarez, 2004; Rodríguez & Santonja, 2000; Santonja y cols., 2004). Por todo ello será necesario incluir en las sesiones ejercicios y actividades de estiramientos en los calentamientos y vuelta a la calma de las sesiones para mejorar la extensibilidad y reducir o

eliminar, así, las patologías asociadas a ella (Grabara, Kołodziej & Wójcik, 2010).

No debemos olvidar que la distribución semanal de las sesiones de Educación Física es una cuestión que deriva del diseño de los horarios en los centros educativos, por lo que ambas sesiones pueden estar en días consecutivos (lunes-martes, etc.) o separados (martes-viernes, etc.). En el presente estudio, las dos clases semanales estaban separadas por uno o dos días, según el grupo. Bohajar-Lax y cols. (2015) comprobaron que un programa de estiramientos en las clases de Educación Física y con una distribución de sesiones diferente (sesiones consecutivas vs sesiones separadas por tres días), generaba mejoras similares en la extensibilidad isquiosural, por lo que parece que esta situación no afecta a los resultados de las intervenciones realizadas en ámbito educativo.

5.2. MUESTRA DE ALUMNOS DE PRIMARIA.

Otro de los objetivos del presente estudio fue comprobar el efecto agudo de la realización de dos protocolos de calentamiento sobre las curvaturas del raquis en el plano sagital y en la extensibilidad de la musculatura isquiosural. De acuerdo a lo expuesto por Fowler, Rodacki y Rodacki (2006), numerosos estudios han demostrado adaptaciones morfológicas y funcionales derivadas de tras un entrenamiento sistemático y continuado. Sin embargo, los efectos agudos de ciertas actividades en las variables dependientes incluídas en este trabajo, se han analizado con poca profundidad en adultos, pero no así en niños. Son muy escasos los estudios que han valorado el efecto agudo de un protocolo de calentamiento en la disposición del raquis.

5.2.1. Análisis del efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en los valores angulares del raquis en bipedestación relajada y corregida, máxima extensión del tronco y máxima flexión del tronco en sedentación y en el test dedos-suelo.

Los resultados del presente estudio muestran una mejora de la extensibilidad isquiosural tras la realización de un protocolo de calentamiento de estiramientos musculares, si bien ésta no se asocia a diferencias significativas en la disposición sagital del raquis tanto en posición de bipedestación relajada como en la autocorregida, sea cual sea el protocolo de calentamiento utilizado (estiramiento vs carrera).

Los resultados del presente estudio se encuentran en consonancia con los encontrados en estudios anteriores (Contreras y cols., 1981; López-Miñarro, 2003; Santonja, 1993) donde no se observan prácticamente cambios notables en las curvaturas lumbar y torácica, ni en la inclinación pélvica. Esto es debido a que la extensibilidad de la musculatura isquiosural no influye en la posición de la pelvis en los movimientos que no implican una flexión del tronco ya que la musculatura no genera la suficiente tracción como para ejercer algún tipo de influencia en la posición de la pelvis (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y cols., 2012b, 2013b).

En este sentido, Li y cols. (1996) tampoco encontraron diferencias significativas en las curvaturas del raquis tras el desarrollo de estiramientos musculares. De la misma manera, los resultados del presente estudio son similares a los de otras investigaciones que han valorado la relación entre la extensibilidad isquiosural y el morfotipo raquídeo en bipedestación en mujeres adultas (Muyor y cols., 2012b), adultos jóvenes (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y cols., 2012b) y deportistas adolescentes (López-Miñarro & Alacid, 2011a). De la misma forma, García-Vélez (2015) analizó el efecto agudo de una sesión de entrenamiento del tenis en los valores angulares de las curvas del raquis en bipedestación relajada, no encontrando diferencias significativas ni en la columna torácica, ni en la lumbar, ni en la inclinación pélvica entre la medición realizada antes y después del entrenamiento. Sin embargo, sí encontraron diferencias significativas en la bipedestación con autocorrección tanto en la curvatura torácica ($25,00 \pm 10,51^\circ$ y $27,61 \pm 10,53^\circ$) como en la inclinación pélvica ($6,56 \pm 6,09^\circ$ y $4,54 \pm 5,05^\circ$), asociándolo a una pérdida de control postural por la fatiga generada por el entrenamiento. En este sentido, Gallotta y cols. (2015) también analizaron la curvatura torácica antes y después

de una sesión específica de tenis, no encontrando diferencias significativas en la postura de bipedestación.

Sin embargo, en el estudio de Kaiser (2014) con 30 chicas adolescentes luchadoras profesionales, se evidenció que una sesión de entrenamiento de lucha de 90 minutos producía diferencias significativas en las curvaturas torácica y lumbar y en la inclinación pélvica en la postura de bipedestación. Quizás esto pueda deberse a las posturas específicas que adoptan las luchadoras en los gestos técnicos concretos de este deporte.

Recientemente, García-Vélez y López-Miñarro (2018) en tenistas varones (entre 14 y 18 años) analizaron los cambios inmediatos en la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en bipedestación relajada y con autocorrección tras la realización de un protocolo específico de entrenamiento del tenis. Con respecto a la posición de bipedestación relajada aumentó el número de casos con rectificación e hipercifosis, disminuyendo los casos de normalidad en la curvatura torácica. En la curvatura lumbar descendió el número de casos de normalidad aumentando los de rectificación. En relación a la posición de bipedestación con autocorrección, disminuyó el número de estudiantes con rectificación; sin embargo, aumentó el número de participantes aumentando los casos de normalidad e hipercifosis torácica. Además, encontraron diferencias significativas tanto en la inclinación pélvica como en la curvatura torácica. Esta tendencia al cambio es similar a la encontrada en el presente estudio, si bien las edades y procedimientos difieren de forma muy notable entre sendos trabajos.

En relación a la postura de máxima extensión del tronco en bipedestación, los resultados de la presente investigación muestran que después del protocolo de calentamiento no hay diferencias significativas en las curvaturas del raquis, aunque hay una mayor lordosis lumbar y una menor inclinación pélvica anterior al comparar entre las medidas realizadas antes y después del calentamiento. Estos resultados coinciden con el estudio de García-Vélez (2015) que no encontró cambios estadísticamente significativos en la posición de máxima extensión del tronco en bipedestación.

De la misma forma que en las posiciones comentadas, en la postura de máxima flexión de tronco en sedentación con las rodillas flexionadas se

muestra una mayor inclinación pélvica e inversión lumbar en el post-test para los dos protocolos de calentamiento, aunque sin diferencias significativas, ni en las curvaturas raquídeas, ni en la posición de la pelvis.

Estos resultados están de acuerdo con estudios previos de corte transversal (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y Alacid, 2010f; Li, y cols., 1996), que indican que la posición flexionada de ambas rodillas mientras se realiza la flexión máxima de tronco reduce la tensión en los músculos isquiosurales y limita su influencia en la pelvis y las curvaturas sagitales del raquis.

Con respecto a los valores angulares obtenidos en el plano sagital durante la realización del test dedos-suelo tras la aplicación de dos protocolos de calentamiento, existen diferencias en las curvaturas lumbar e inclinación pélvica tanto en el protocolo de estiramientos musculares ($1,91 \pm 1,31^\circ$ y $1,03 \pm 4,82^\circ$ respectivamente) como en el de carrera continua ($1,72 \pm 5,49^\circ$ y $1,18 \pm 3,41^\circ$ respectivamente). A pesar de no encontrar cambios estadísticamente significativos en la curvatura torácica, si se evidenció en ambos protocolos una menor cifosis torácica.

Teniendo en cuenta los valores angulares de normalidad del raquis en el plano sagital en el test dedos-suelo, establecidos por Martínez (2004), podemos compararlos con los obtenidos en el presente estudio después de poner en práctica de un protocolo de estiramientos musculares y otro de carrera continua. Se puede observar en ambos protocolos una disminución del porcentaje de estudiantes con morfotico cifótico leve y moderado torácico y lumbar, y por tanto, un aumento de los casos de normalidad.

En las posiciones de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas, las mejoras de la extensibilidad isquiosural influyen directamente en la disposición sagital de la curvatura torácica e inclinación de la pelvis. Como podemos observar en los datos del presente estudio, una mayor extensibilidad isquiosural se relaciona con una menor cifosis torácica y cambio en la inclinación pélvica en la posición de máxima flexión del tronco, a pesar de tener un tamaño del efecto bajo. Según Hasebe y cols. (2014) en las personas con

más extensibilidad isquiosural, hay una mayor contribución pélvica en los movimientos de flexión del tronco.

Los resultados del presente estudio están en concordancia con los de López-Miñarro, Muyor, Alacid y Vaquero-Cristóbal (2014f) que analizaron el efecto de un protocolo de calentamiento basado en la realización de 3 series de 4 estiramientos estáticos de 20 segundos cada uno sobre las curvaturas del raquis en el plano sagital en 36 adultos varones. Concluyeron tras la medición del raquis durante el test dedos-suelo después de la realización del protocolo que aumentó la inclinación pélvica y la flexión lumbar y disminuyendo la cifosis torácica. Sin embargo, al igual que los estudios anteriores, no encontraron ningún cambio significativo en las curvaturas del raquis o en la inclinación de la pelvis en bipedestación relajada.

En un estudio con 47 adultos varones se analizó el efecto agudo de un protocolo de calentamiento basado en 4 series de 4 estiramientos musculares de 20 segundos cada uno sobre la disposición sagital del raquis en la posición de máxima flexión durante el test dedos suelo (López-Miñarro, Muyor, Alacid y Vaquero, 2012d). Los resultados mostraron una disminución significativa de la cifosis torácica ($4,55^\circ$) y un aumento en la inclinación pélvica ($6,49^\circ$), no habiendo diferencias en la curvatura lumbar. Los datos del presente estudio evidencian que existe un efecto agudo que mejora la extensibilidad y disposición sagital del raquis y pelvis en movimientos de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, si bien no conocemos el alcande en tiempo de dichos efectos.

Varios estudios han evidenciado la tendencia de aquellas personas con mayor extensibilidad isquiosural a una mayor inclinación pélvica y un ángulo de flexión torácica inferior en la posición de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas (Gajdosik y cols., 1994; López-Miñarro y Alacid, 2010f; López-Miñarro Miñarro y cols., 2010c). A medida que el participante se inclina hacia adelante, la pelvis gira más hacia adelante hasta que la tensión pasiva en la musculatura isquiosural limita la rotación pélvica (McGill, 2002; Peharec, Jerković, Bacić, Azman & Bobinac, 2007).

En la misma línea de resultados, García- Vélez (2015) analizó el efecto agudo de una sesión de entrenamiento del tenis en los valores angulares de las curvas del raquis en el test *sit-and-reach*, no observando diferencias significativas ni en la curva torácica, ni en la lumbar, ni en la inclinación pélvica antes y después de entrenar. En relación al test dedos-suelo, tampoco halló diferencias significativas en los valores angulares del raquis. Este autor destaca que estos resultados pueden ser debidos al agotamiento muscular de la musculatura agonista que provocó una falta de elasticidad a la hora de realizar los post-test.

En ocasiones, la mejora que se produce en la extensibilidad isquiosural se asocia a cambios en el ritmo lumbo-pélvico cuando se realizan movimientos de flexión máxima y submáxima del tronco. Recientemente, López-Miñarro y cols. (2012a) analizaron, en adultos, el efecto agudo de un protocolo de estiramientos en la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en bipedestación relajada, en máxima flexión de tronco en sedentación y en el test *sit-and-reach*. El protocolo consistió en la realización de 3 series de 4 estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural de 20 segundos de duración. Con respecto a la posición de bipedestación relajada y a la máxima flexión de tronco en sedentación no encontraron diferencias significativas entre el pre-test y el post-test. En relación a la disposición del raquis durante la realización del test *sit-and-reach* se encontraron diferencias significativas entre el pre-test y el post-test, encontrando un incremento de la inclinación pélvica ($+4.94 \pm 3.13^\circ$) y de la flexión lumbar ($+1.86 \pm 2.88^\circ$) y un descenso en la curvatura torácica ($-6,45 \pm 7,33^\circ$). Al igual que en la investigación anterior, en el estudio de Kang, Jung, An, Yoo y Oh (2013) se relacionó la mejora de la extensibilidad isquiosural con una disminución de la cifosis torácica y de la retroversión pélvica, que supondría una reducción del estrés compresivo y de cizalla.

Otras investigaciones han sugerido que el incremento del rango de movimiento encontrado después de una intervención de estiramiento agudo son debidos a que el sujeto se ha adaptado a la tirantez y, por lo tanto, es más tolerante al malestar cuando estira de nuevo (Halbertsma y cols., 1996; Magnusson y cols., 1996).

5.2.2. Análisis del efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en la extensibilidad isquiosural en los test de elevación de la pierna recta activo y dedos-suelo.

En la muestra de Educación Primaria también se observó un gran número de estudiantes con cortedad leve en la musculatura isquiosural, aunque no tan elevado como en la muestra de adolescentes, estando en consonancia con lo destacado en la mayoría de estudios realizados en escolares (Brodersen, Pedersen & Reimers, 1994; Castro-Piñero y cols., 2013; Ferrer, 1998; Rodríguez y cols., 2008a; Santonja y cols., 2004; Santonja & Pastor, 2003).

Para comprobar la influencia de la realización de un protocolo de calentamiento sobre la extensibilidad isquiosural de estudiantes de Educación Primaria se aplicó, a un grupo, un protocolo de carrera continua de 5 minutos y a otro grupo, tres estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural, tomando datos antes (pre-test) y después (post-test) de cada protocolo. Para la medición de la extensibilidad isquiosural se utilizó el test angular de elevación de la pierna recta activo y el test líneal dedos-suelo. En ambos test se evidenció una mejora significativa en el post-test. En el grupo que realizó el protocolo de estiramientos musculares, hubo una mejora de $4,73 \pm 6,02^\circ$ en el test de elevación de la pierna recta para la pierna derecha y $5,65 \pm 4,95^\circ$ para la pierna izquierda, y $3,59 \pm 2,30$ cm en el test de distancia dedos-suelo.

Con respecto al grupo que realizó el protocolo de carrera continua también se hubo una mejora de la extensibilidad isquiosural en ambos test siendo de $4,72 \pm 5,36^\circ$ en el test de elevación de la pierna recta para la pierna derecha y $4,91 \pm 5,96^\circ$ para la izquierda, y de $3,43 \pm 1,99$ cm en el test dedos-suelo.

Esta mejora incide, de forma directa, en los sujetos que se encuentran en una u otra categoría de las referencias de normalidad. Al comparar el número de estudiantes con cortedad de la musculatura isquiosural antes y después de la realización de los protocolos de calentamiento con los valores de normalidad en los test dedos-suelo (Ferrer, 1998) y el de elevación de la pierna recta (Ferrer, 1998; Martínez, 2004; Pastor, 2000; Rodríguez, 1998) disminuye

el número de escolares con cortedad de grado I y II, aumentando el número de participantes de normalidad en ambos test.

En la intervención con escolares de Primaria se optó por el test activo de la pierna recta, ya que tienen menos experiencia en situaciones de medición de la extensibilidad con esta prueba. Así también, el test activo de elevación de la pierna recta se ha mostrado más válido que el pasivo a la hora de definir los cambios reales que se han producido en la extensibilidad muscular después de realizar una intervención (Ylinen, Kautiainen, & Häkkinen, 2010). Los diferentes estudios que han analizado el efecto agudo en la flexibilidad muscular se han basado en el rango de movimiento (ROM) en una articulación determinada (Sands y cols., 2006). A pesar de ello, Weppeler y Magnusson (2010) indican que esas adaptaciones tienen un carácter multidimensional y, por lo tanto, la medida del ROM solo representa una de las dimensiones de la extensibilidad muscular.

Los resultados obtenidos en la presente investigación están en consonancia con los del estudio de López-Miñarro, Muyor, Belmonte y Alacid (2012a) donde observaron una mejora muy similar en el test de elevación de la pierna recta (entre 5-12°), después de realizar un protocolo de estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural con una duración máxima de 8 minutos. En la misma línea, Cini, de Vasconcelos y Lima (2017), observaron un incremento significativo de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en el test de elevación de la pierna recta en 46 mujeres jóvenes que llevaron a cabo un protocolo de estiramientos musculares de entre 30 y 60 segundos.

Los estudios de O'Hora y cols. (2012) y Youdas y cols. (2010) con adultos jóvenes han encontrado una mejora significativa similar en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla (entre 7 y 12°) después de realizar estiramientos estáticos y la técnica de facilitación neuromuscular propioceptiva en dicha musculatura. López-Miñarro, Muyor, Alacid, Vaquero-Cristóbal y Espejo (2014d), también encontraron un incremento significativo de la extensibilidad isquiosural en un estudio con jóvenes varones en los test de elevación de la pierna recta (9,75° en la pierna izquierda y 9,41° en la derecha) y extensión de rodilla (9,08° en la pierna izquierda y 8,87° en la derecha), después de realizar un protocolo de

estiramientos consistente en dos repeticiones de 4 ejercicios estáticos activos de estiramiento con una duración de 20 segundos. Este incremento de la extensibilidad muscular puede tener una relación directa con la mejora de la inclinación de la pelvis y con una mayor flexión lumbar (López-Miñarro y cols., 2011a).

Bandy e Irion (1994) destacaron que la extensibilidad de la musculatura isquiosural mejoraba a los pocos segundos o minutos después de la realización de estiramientos musculares estáticos. En este sentido, en la investigación de López-Miñarro y cols. (2014c) con adultos jóvenes que presentaban cortedad en la musculatura isquiosural, se encontraron mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural tanto en la pierna derecha como en la izquierda en el test de extensión activa de rodilla (entre 7 y 8°) y en el dedos-suelo (+6,86 cm) después de realizar de un protocolo de calentamiento consistente en tres series de cuatro ejercicios activos con una duración de 20 segundos.

En el estudio de O'Sullivan, Murray & Sainsbury (2009) con adultos de 18 a 40 años encontraron que llevar a cabo un calentamiento aeróbico activo y estiramientos musculares estáticos incrementa de manera significativa la extensibilidad de la musculatura isquiosural en el test de extensión activa de rodilla. A pesar de ello, estas ganancias en la extensibilidad se redujeron tras transcurrir 15 minutos de descanso. Sin embargo, la extensibilidad continuó siendo significativamente mayor que antes de realizar el protocolo de calentamiento. En la misma línea de resultados, Worrell, Smith y Winegardner (1994) encontraron diferencias significativas al analizar el efecto de un protocolo de calentamiento basado en las técnicas de estiramientos musculares estáticos y PNF en el test de extensión activa de rodilla.

En la investigación de Nelson (2006) con futbolistas adolescentes de entre 17 y 18 años, se mostró una mejora en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla (5,05°) tras realizar un protocolo de estiramientos musculares estáticos y otro de entrenamiento excéntrico (9,48°) constatando el efecto agudo de los estiramientos musculares de los isquiosurales en una sola sesión de estiramientos. De la misma forma, en el estudio de Zakas (2005) realizado en jugadores de fútbol adolescentes, hubo un incremento de la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de

rodilla después de la realización de un protocolo de estiramientos estáticos de 30 segundos, basado en diferentes estructuras tanto en series como en duración.

Puentedura y cols. (2011) analizaron el efecto agudo de dos técnicas de estiramientos (PNF y estáticos) en la extensibilidad isquiosural en mujeres adultas jóvenes. Los resultados mostraron un aumento de la extensibilidad muscular en el test de elevación de la pierna recta en ambas técnicas, no habiendo diferencias significativas entre ellas. De la misma forma, Halbertsma y cols. (1996) también analizaron el efecto agudo de un protocolo de 10 minutos de estiramientos musculares en adultos jóvenes con cortedad isquiosural en la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Los resultados mostraron un aumento significativo de 9° en el test de elevación de la pierna recta. Estos resultados también se corresponden con los obtenidos en la presente investigación, donde la realización de una actividad aeróbica como la carrera continua y los estiramientos estáticos, aumenta la extensibilidad isquiosural de una forma similar.

En un estudio con 47 adultos varones se analizó el efecto agudo de un protocolo de calentamiento basado en 4 series de 4 estiramientos musculares de 20 segundos cada uno sobre la extensibilidad isquiosural en los test de extensión activa de rodilla y dedos-suelo (López-Miñarro y cols., 2012d). Los resultados mostraron un incremento de la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla ($8,68^{\circ}$) y en el test dedos-suelo (6,66 cm), no habiendo diferencias en la curvatura lumbar.

De la misma manera, en el estudio de García-Vélez (2015) sobre la influencia de una sesión específica de tenis en la extensibilidad isquiosural con tenistas adolescentes, se encontraron mejoras significativas en la extensibilidad isquiosural en los test dedos-suelo (+1,61 cm), *sit-and-reach* (+0,90 cm), elevación de la pierna recta activo ($1,92^{\circ}$ en la pierna derecha y $1,59^{\circ}$ en la pierna izquierda) y elevación de la pierna recta pasivo ($0,49^{\circ}$ en la pierna derecha y $0,49^{\circ}$ en la pierna izquierda).

Al margen de los estiramientos musculares del tren inferior, otras investigaciones demostraron la existencia del efecto agudo en la musculatura

isquiosural usando otras técnicas. En este sentido, Espejo-Antúnez y cols. (2015) destacan que tanto las técnicas basadas en el Kinesio tape, así como la estimulación eléctrica, mejoran la extensibilidad isquiosural de jóvenes atletas con cortedad isquiosural nada más terminar su aplicación, siendo la estimulación eléctrica más efectiva.

López-Miñarro, Vaquero-Cristóbal, Muyor, Alacid y Espejo-Antúnez (2014e) mostraron que la realización de un protocolo de entrenamiento de fuerza muscular en 41 adultos varones basado en ejercicios de los miembros superiores produce un incremento significativo de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en el test de elevación de la pierna recta, tanto en la pierna izquierda (4,71°) como en la derecha (4,35°).

Un aspecto muy importante a la hora de analizar el efecto agudo de un protocolo de calentamiento es el tiempo que permanecen sus efectos, al terminar el mismo. En este sentido, Wenos & Konin (2004) observaron que un calentamiento aeróbico de 4 minutos aumentó la temperatura muscular y mejoró la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* en 12 adultos jóvenes manteniéndose hasta 10 minutos después de haber terminado el protocolo de calentamiento.

Murphy y cols. (2010) encontraron un aumento de la extensibilidad isquiosural en el test de elevación de la pierna recta pasivo hasta 30 minutos después de aplicar un protocolo de calentamiento basado en 10 minutos de carrera continua seguida de 6 estiramientos estático-pasivos. Del mismo modo, realizar un protocolo de calentamiento aeróbico y estiramientos estáticos de 4 minutos de duración obtuvo un efecto de mejora de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes mantenido durante 15 minutos tras la intervención (Perrier y cols., 2011).

De la misma manera, en un estudio de Díaz-Soler y cols. (2015) con 47 alumnos de Educación Secundaria, se observó un aumento de la distancia alcanzada en el test *sit-and-reach* (+2,15cm) tras realizar un protocolo de calentamiento basado en la realización de 4 minutos de carrera continua, seguido de la realización de ejercicios de locomoción y movilidad articular de otros 4 minutos de duración. Esta mejora fue ligeramente mayor a los 5 y 10

minutos (+2,49 cm y +2,61 cm respectivamente) después de realizar el protocolo, que justo al terminarlo. La inclusión de actividades aeróbicas submáximas en los protocolos de calentamiento producen un aumento de la temperatura del músculo esquelético, lo que supone un aumento mayor del rango de movimiento articular (Murphy, Di Santo, Alkanani & Behm, 2010).

Spernoga y cols. (2001) analizaron y encontraron mejoras en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla en 30 varones (entre 18 y 19 años) tras la aplicación de un protocolo de 6 estiramientos musculares estáticos mediante la técnica PNF, manteniéndose la mejora hasta 6 minutos después de los ejercicios. Otras investigaciones como la de DePino, Webright y Arnold (2000) con 30 varones (entre 19 y 20 años) analizaron el efecto agudo de dos protocolos de calentamiento en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla. El protocolo estuvo basado en 6 ejercicios activos y 4 estiramientos musculares estáticos. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la extensibilidad isquiosural hasta los 3 minutos tras la finalización de los ejercicios, a partir de la cual disminuyó progresivamente con el paso del tiempo.

Se analizaron 55 adultos entre 18 y 40 años en un estudio realizado por de Weijer, Gorniak y Shamus (2003) para valorar el efecto agudo que producía un protocolo de calentamiento normal combinado con estiramientos musculares. Ambos protocolos de calentamiento produjeron mejoras en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla aunque estas empezaron a decrecer a partir de los 15 minutos después de la realización del protocolo.

Foo, Héroux, Chia y Diong (2019) afirman que pequeñas cantidades de electroestimulación (0, 2,5, 5, 7,5 y 10% de la fuerza de contracción voluntaria máxima de flexión de rodilla) en la musculatura isquiosural continuada, durante una única sesión, reducen el rango de movimiento pasivo de la cadera y un aumento en la fuerza de flexión de la rodilla durante la realización del test de elevación pasiva de la pierna recta.

Gran parte de estas investigaciones indican que esa mejora de la extensibilidad isquiosural puede ser el resultado del estiramiento de los

músculos utilizando diferentes técnicas, destacando por encima del resto la estática, la balística y facilitación neuromuscular propioceptiva (Burke, 1991; Feland & Marin, 2004). Otros autores se basan en las teorías mecánicas justificando que la mejora de la extensibilidad muscular es debida a la deformación viscoelástica producida en el músculo, permitiendo una mayor distancia entre el origen e inserción de un músculo o debido a la relajación neuromuscular (de Weijer y cols., 2003; Taylor y cols., 1990; Weppler & Magnusson, 2010) o teorías sensoriales, que la justifican gracias a la mayor capacidad para tolerar el dolor cambiando la sensación de tirantez durante el estiramiento (Magnusson y cols., 1996, 2000; Weppler & Magnusson, 2010).

En relación a las metodologías a utilizar, los estiramientos estáticos suelen ser los más seleccionados debido a que es una técnica común utilizada por profesionales y deportistas para aumentar la longitud del músculo. Además, esta técnica de estiramiento se ha demostrado que es muy útil para aumentar la extensibilidad de la musculatura isquiosural (Davis, Ashby, McCale, McQuain & Wine, 2005). No obstante, los escolares son más reacios a realizar estiramientos, ya que deben alcanzar una posición que genere tirantez, y eso les resulta incómodo. Parece más fácil, y más aplicable, generar esa mejora de extensibilidad mediante unos minutos de carrera.

5.2.3. Análisis de la validez de los test de elevación de la pierna recta activo y dedos-suelo antes y después de la realización de dos protocolos de calentamiento.

Tras el análisis de la validez de los test de extensibilidad isquiosural EPR y DDS se han obtenido unos resultados de correlación moderados indicando que el DDS no es un test tan válido para ser utilizado con los alumnos de la etapa de Educación Primaria. Además, estas correlaciones son similares antes y después de realizar los dos protocolos de calentamiento por lo que la realización de estiramientos musculares o carrera continua no afecta a su validez.

Aunque son muchos los estudios que han analizado la validez de los diferentes test de medición de la extensibilidad de la musculatura isquiosural,

ningún estudio ha analizado su validez antes y después de realizar un protocolo de calentamiento.

De todos los test angulares de medición, es el EPR el más utilizado en las investigaciones por las ventajas que presenta. En este sentido, Ferrer (1998) analizó la validez de los diferentes test lineales y angulares más utilizados entre los que se encontraban el DDS y el EPR siendo este último el que mostró los valores de validez más elevados. Además, el DDS obtuvo unos valores de correlación moderados siendo los resultados del estudio muy similares a los obtenidos en la presente tesis doctoral. En la misma línea de resultados, López-Miñarro (2010) analizó los valores de correlación entre el ángulo de inclinación de la pelvis durante la máxima flexión de tronco y las diferentes pruebas de validez del test EPR y los test lineales más utilizados concluyendo que es recomendable utilizar los test SR y TT en hombres, siendo el test EPR el que obtuvo la mayor validez concurrente.

Ayala y cols. (2012) elaboraron una revisión bibliográfica de los estudios que analizaron la validez de los test angulares concluyendo que el test EPR obtiene los mejores valores de validez recomendándose a los profesionales del ámbito de la salud y deportivo entre los que destaca a los profesores de Educación Física.

En consonancia con los resultados obtenidos, Pino-Ortega y cols. (2018) obtuvieron unos valores de validez del test EPR perfectos en todas las repeticiones tras analizarlo con un dispositivo inercial para medir la velocidad angular. Muyor (2017) también obtuvo unos resultados muy similares después de analizar la validez de este test a través de la utilización de un inclinómetro.

Algunos de los estudios que analizan la validez concurrente entre pruebas angulares de valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural parecidos muestran resultados muy diferentes, pudiendo deberse a puestas en práctica diferentes en la realización del test (Gajdosik y cols., 1993; López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez-García & Yuste, 2008; Rodríguez, 1998; Santonja y cols., 1994; Youdas y cols., 2008).

Otros autores indican que existen diversas variables que afectan a la validez del test ERP y a su correlación con respecto a los protocolos SR, como

son la posición del tobillo (flexión dorsal o flexión plantar) (Boland & Adams, 2000; Gajdosik y cols., 1985) y la estabilidad y posición de la pelvis (Bohannon, Gajdosik & LeVeau, 1985; Fredriksen, Dagfinrud, Jacobsen & Maehlum, 1997).

En cuanto a los test lineales, una gran mayoría de investigadores se han centrado en analizar la validez del test *sit-and-reach* y sus variantes de las investigaciones (Baltaci & cols., 2003; Hartman & Looney, 2003; Hui & Yuen, 1998; Hui & cols., 1999; Jones y cols., 1998; Liemohn y cols., 1994a; Liemohn & cols., 1994b; Patterson & cols., 1996; Yuen & Hui, 1998) llegando a la conclusión de que son moderadamente fiables para medir de la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Tras realizar una amplia revisión científica sobre la validez de los test lineales, Ayala, Sáinz de Baranda, de Ste Croix, y Santonja (2012) concluyeron que, de manera general, los test lineales poseen una validez moderada para determinar la extensibilidad de la musculatura isquiosural.

En cambio, otros estudios analizaron la validez del test DDS. López-Miñarro y cols. (2010a) indicaron que el test DDS junto con el el test *sit-and-reach* presentan unos valores de validez más llevados que el resto de test lineales a la hora de valorar la extensibilidad de la musculatura isquiosural.

Rodríguez-García (2008b) analizó la validez de los test SR y del DDS para la evaluación de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes activos llegando a la conclusión de que el test DDS es una alternativa bastante válida para el SR ya que obtuvo unos valores de correlación ligeramente superiores al SR. Estos resultados fueron ratificados por López-Miñarro y cols. (2008d) con deportistas de kayak y canoa de Educación Primaria. Sáinz de Baranda y cols. (2006) también proponen utilizar el test DDS con respecto al SR debido a que los movimientos de flexión de tronco en la posición de bipedestación movimientos realizados de manera frecuente en actividades de la vida diaria y en gran parte de los deportes. Esta mayor correlación del test DDS por encima del test SR podría ser debida a que en el DDS el tronco supera la horizontal gracias al movimiento de flexión de la pelvis llegando a alcanzarlo con menor flexión vertebral (Kippers & Parker, 1984) y porque en el test DDS hay una menor limitación de movimiento de la pelvis ya que no está apoyada en el suelo y la gravedad es mayor (López-Miñarro y cols., 2009a).

Sin embargo, otros estudios como los de Sáinz de Baranda (2002), Lemmink (2003) y Cornbleet y Woolsey (1996) recomiendan la utilización del test DDS con respecto al SR por obtener mejores valores de validez gracias al control de la rodilla y la pelvis.

En la misma línea de los resultados de la presente tesis doctoral, López-Miñarro y cols. (2008d) afirmaron que los test SR y DDS tienen una validez moderada después de analizarla con piragüistas de categoría infantil. En la misma línea de resultados, Muyor y cols. (2014a) y López-Miñarro y cols. (2011b, 2012c) analizaron ambos test con deportistas jóvenes concluyendo que estos son más adecuados para determinar la extensibilidad de la columna vertebral y el rango de inclinación pélvica en lugar de determinar la extensibilidad isquiosural debido a la obtención de una validez moderada en los dos test.

Diversas investigaciones afirman que las medidas antropométricas son una de las principales variables que influyen en los resultados obtenidos en los test lineales, especialmente en *el sit-and-reach* (Hemmatinezhad y cols, 2009; Hoeger y cols., 1990; Hoeger & Hopkins 1992) aunque otros autores destacan otras variables como las curvaturas de la columna vertebral (López-Miñarro, Sáinz de Baranda, Rodríguez & Ortega, 2007c; López-Miñarro y cols., 2009a), la posición de la articulación del tobillo (Kawano y cols., 2010; Liemohn y cols., 1997) y la posición de la cabeza (Smith & Miller, 1985).

5.2.4. Análisis de la influencia de las diferentes variables antropométricas de los sujetos en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo.

En el presente estudio no se han encontrado diferencias significativas entre las diferentes medidas antropométricas de los sujetos y la distancia alcanzada en el test DDS. En la edad escolar de la Educación Primaria no influyen las longitudes de las extremidades inferiores y superiores en los resultados obtenidos en dicho test.

La gran mayoría de los estudios sobre las variables antropométricas se centran en la influencia de la talla y el peso en los diferentes resultados de los test físicos. Son casi inexistentes los estudios que analizan la influencia de las

variables antropométricas en los resultados obtenidos en los diversos test de extensibilidad isquiosural más utilizados en el ámbito educativo de la Educación Física. Más concretamente, solo Hemmatinezhad y cols. (2009) realizaron una investigación en la que encontraron diferencias significativas entre las variables antropométricas y la distancia alcanzada en los test SR y MBSSR. Estos autores afirmaron que la mayor influencia en los resultados la ejercía una mayor longitud de las extremidades superiores. Los resultados de este estudio no están en consonancia con los obtenidos en la presente tesis doctoral ya que ninguna de las longitudes de las extremidades influye en la distancia alcanzada. Esto puede ser debido a las diferentes características especiales de cada uno de los test.

Hoeger y cols. (1990) y Hoeger y Hopkins (1992) indicaron que las medidas antropométricas son una de las principales variables que influyen en los resultados obtenidos en los test lineales, especialmente en el test *sit-and-reach*. Más concretamente, afirmaron que las personas con mayor longitud de piernas y menor longitud de tronco podrían obtener valores de cortedad en el test *sit-and-reach* a pesar de obtener una extensibilidad de la musculatura isquiosural normal a través de un test angular. Sin embargo, Cornbleet y Woolsey (1996) concluyeron que solo un 8% de los sujetos analizados en su estudio mostraron unos valores influenciados por las medidas antropométricas. En este sentido, López Miñarro y cols., 2009a indican que estos resultados no están influenciados por las medidas antropométricas a la hora de determinar la validez de test *sit-and-reach*.

En lo que respecta al ámbito deportivo y con otros grupos de edad, sí se encuentran algunos estudios que hayan analizado la influencia de las medidas antropométricas en diversos test físicos característicos de las actividades deportivas concretas. Al contrario que en esta investigación, en todos ellos encuentran alguna influencia directa de las variables antropométricas en los diferentes test específicos de sus modalidades deportivas.

En este sentido, Cintra y cols. (2018) afirmaron que existe una pequeña correlación entre las medidas antropométricas del hueso de la tibia y el test de fuerza máxima en una sola repetición en mujeres adultas jóvenes. También

Borges, Ruiz y Argudo (2017) encontraron una pequeña correlación al analizar la influencia del diámetro biacromial en la velocidad de lanzamiento y el agarre máximo de waterpolo de jugadores profesionales adolescentes.

Otros autores como Tejada (2012), tras analizar numerosas variables antropométricas de una muestra grande de adolescentes regatistas encontraron solamente diferencias significativas entre la mayor longitud del diámetro estiloides de la muñeca y el mayor rendimiento en este deporte mostrando unos resultados muy similares a los de Ferragut y cols. (2015) con una muestra de profesionales de waterpolo adultos.

Chicoy (2018) también evidenció una correlación entre las diferentes medidas antropométricas del cuerpo y una mejor técnica de navegación en una investigación con regatistas adolescentes. En esta misma línea de resultados, Ferragut y cols. (2015) encontraron además una correlación positiva la longitud del brazo con la fuerza de agarre de los regatistas. Estos resultados diversos pueden ser debidos a lo expuesto por Prado, y cols. (2009), que indica que el factor más importante que hace que las diferentes variables antropométricas influyan de forma directa en los resultados obtenidos en los diversos test físicos es la edad de los sujetos analizados debido a ya que la mayoría de los estudios fueron llevados a cabo con población adulta.

5.2.5. Análisis y comparación de la mejora en la extensibilidad isquiosural obtenida por los dos protocolos de calentamiento

Con la intención de comparar los protocolos de calentamiento y decidir cuál de los dos produce mejores resultados, se han analizado los datos obtenidos en el presente estudio con respecto a las curvaturas del raquis en los protocolos de estiramientos musculares y carrera continua. Estos señalan que no existen diferencias significativas entre la realización de ambos protocolos con respecto a los ángulos obtenidos en las posiciones de bipedestación relajada y autocorregida, en máxima extensión y flexión de tronco, ni en flexión máxima durante la realización del test dedos-suelo.

No existen investigaciones que hayan comparado los valores de la disposición sagital del raquis con respecto al efecto agudo producido por protocolos de calentamiento similares a la presente investigación.

Por otro lado, al comparar la mejora de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de los escolares en ambos protocolos de calentamiento, podemos observar como en el test de elevación de la pierna recta activo, el protocolo de estiramientos musculares obtuvo un incremento $4,73 \pm 6,02^\circ$ en la pierna derecha y $5,65 \pm 4,95^\circ$ y en la izquierda mientras que el protocolo de carrera continua tuvo un aumento de $4,72 \pm 5,36^\circ$ en la pierna derecha y $4,91 \pm 5,96^\circ$ en la izquierda. Son valores similares, por lo que no se puede afirmar que haya un protocolo más efectivo que el otro. Con respecto al test dedos-suelo, el protocolo de estiramientos musculares obtuvo un incremento de $3,59 \pm 2,30$ cm y el protocolo de carrera, $3,43 \pm 1,99$ cm. Como se puede observar, no existen diferencias significativas en la mejora de la extensibilidad isquiosural de ambos protocolos, siendo los resultados muy similares.

Existen algunas investigaciones que han analizado el efecto agudo de protocolos de calentamiento basados en la combinación de actividades aeróbicas como la carrera continua y los estiramientos musculares, aunque son muy escasos los que los han dividido en grupos muestrales y han comparado su eficacia en la mejora de la extensibilidad muscular (Díaz-Soler y cols., 2015).

Algunos estudios sí han analizado la influencia de un protocolo de calentamiento combinando, comparando ambos protocolos. En esta línea, la presente investigación está en consonancia con los resultados del estudio de Rosario y Foletto (2015), donde observaron que dos protocolos de calentamiento consistentes en 20 minutos andando y 30 segundos de estiramientos de la musculatura isquiosural incrementaban significativamente su extensibilidad, no encontrando diferencias significativas en la eficacia de ambos protocolos.

Zakas, Grammatikopoulou, Zakas, Zahariadis y Vamvakoudis (2006), analizaron y compararon el efecto de varios protocolos de calentamiento sobre

la extensibilidad isquiosural en jugadores de fútbol de Secundaria, en los que se encontraban la carrera continua, los estiramientos pasivos del tren inferior, y la combinación de los dos. En todos los protocolos hubo mejoras en la extensibilidad isquiosural, no habiendo diferencias significativas entre ellas al ser muy similares los valores de mejora.

Otros estudios han comparado los efectos agudos en los protocolos de calentamiento en forma de estiramientos estáticos, en relación a utilizar una técnica dinámica, no encontrando diferencias significativas en la distancia alcanzada en el *sit-and-reach* entre ambas, a pesar de haber mejorado la extensibilidad de la musculatura isquiosural (Perrier y cols., 2011). En concordancia con la presente investigación, un protocolo de calentamiento basado en actividades aeróbicas, estiramientos musculares o la combinación de ambos incrementa significativamente los valores alcanzados en diversos test angulares y lineales que miden la extensibilidad de la musculatura isquiosural.

Al contrario que los anteriores, de Weijer, Gorniak y Shamus (2003), así como Henricson, Fredrifsson, Persson, Pereira, Rostedt y Westlin (1984) encontraron mejores resultados en la extensibilidad isquiosural en el test de extensión activa de rodilla en adultos que realizaron un protocolo de calentamiento de estiramientos musculares que aquel que realizó solamente la carrera continua, siendo mejores los del grupo que combinó ambos protocolos. A pesar de ello, no existieron diferencias significativas entre los tres protocolos. En la misma línea de resultados, Wiktorsson-Moller, Oberg, Ekstrand y Gillquist (1983) obtuvieron resultados similares, aunque en su estudio, el protocolo basado en estiramientos musculares estáticos generó una mayor mejora de la extensibilidad isquiosural que el protocolo de movimientos dinámicos o su combinación.

De la misma forma, Aguilar, DiStefano, Brown, Herman, Guskiewicz y Padua (2012) también compararon diversos protocolos de calentamiento consistentes en actividades de locomoción y estiramientos estáticos, en el test de extensión activa de rodilla encontrando una mejora de 6,5° en el grupo que realizó el protocolo dinámico. Sin embargo, no encontraron cambios

significativos en el grupo que solo realizó estiramientos estáticos de la musculatura de los miembros inferiores.

En el estudio de O'Sullivan y cols. (2009) encontraron mejores valores en la extensibilidad isquiosural tras la realización de un protocolo de estiramientos estáticos que en un protocolo de estiramientos dinámicos, ya que esta última no obtuvo mejoras evidentes.

Tras los datos obtenidos en la presente investigación y la revisión bibliográfica analizada, es necesario destacar la gran similitud existente en la gran mayoría de los estudios en cuanto a los valores de mejora aguda de la extensibilidad de ambos protocolos, siendo los dos muy recomendables para utilizar si el objetivo es aumentar la extensibilidad de la musculatura isquiosural y prepararla para la realización de actividades física en las que esté directamente implicada.

Limitaciones del estudio

A continuación se describen algunas limitaciones del presente trabajo:

La principal limitación fue no tener grupo control, para comprobar si las mejoras de la extensibilidad muscular se producen por el entrenamiento a través del programa de estiramientos y no por otros factores como la maduración o el crecimiento. No obstante, en un período de cinco semanas, tales cambios, en caso de existir, serían poco significativos.

Entre los diferentes test angulares y lineales que se utilizaron, se eligió utilizar el test *sit-and-reach* para valorar la extensibilidad isquiosural por ser uno de los más frecuentemente usados para medir la flexibilidad en ámbito educativo, y presentar mayor validez que otros protocolos (Mayorga-Vega y cols., 2014b). Es un test lineal con un procedimiento simple de administrar y que precisa de poco entrenamiento previo para su aplicación, siendo posible valorar un gran número de personas en un periodo corto de tiempo (Santonja, Ferrer, & Martínez, 1995).

No obstante, Muyor, Zemková, Štefániková y Kotyra (2014b), tras analizar la validez de este test en escolares, concluyeron que es válido para evaluar la posición de la pelvis y raquis, no siendo tan válido para la medición de la extensibilidad isquiosural. Además, la validez de este test está condicionada por el propio nivel de extensibilidad de la persona, de manera que ésta es menor en aquellas personas con una extensibilidad más reducida (López-Miñarro & Rodríguez, 2010d).

Los test angulares proporcionan medidas más válidas de la extensibilidad isquiosural de una persona. Sin embargo, el uso de un test angular en ámbito educativo es poco funcional, ya que requiere mucha más formación, entrenamiento y tiempo para medir por parte del evaluador además de la utilización de un material específico más difícil de usar y económicamente más costoso. Por estos motivos, Mayorga-Vega y cols. (2014b) proponen usar el *sit-and-reach* como una alternativa válida para estimar la extensibilidad isquiosural cuando no es posible la utilización de los test angulares.

Otra de las limitaciones del estudio fue que no se diferenció la muestra por rangos de edades, ni por practicantes de actividad física o deportiva, teniendo en cuenta que la práctica regular y continuada de actividad física

influye en la morfología y disposición sagital del raquis (Alricsson & Werner, 2006; Wojtys, Ashton-Miller, Huston & Moga, 2000).

Por último, podría haberse valorado la disposición sagital del raquis en chicas y no solamente en chicos, ya que, de acuerdo Muyor, López-Miñarro y Alacid (2013b), existen diferencias entre las curvaturas del raquis en el plano sagital por sexo.

Perspectivas de investigación

Una de las perspectivas de investigación que sería interesante analizar en estudios posteriores sería qué duración tiene el efecto agudo de determinados protocolos de calentamiento en la musculatura isquiosural, ya que, a pesar de haber estudios relacionados con esta temática, no concuerdan en el tiempo que permanecen los efectos. De la misma forma, sería interesante comprobar si ese efecto agudo es más intenso justo al terminar el protocolo de calentamiento a los minutos de su realización.

Por otro lado, debido a los resultados obtenidos, sería conveniente analizar la eficacia del efecto agudo en la musculatura isquiosural de un protocolo de calentamiento basado en la combinación de estiramientos musculares y carrera continua antes y después de estos, comparando los resultados con los obtenidos en los protocolos del presente estudio. De la misma forma, también podría analizarse el efecto agudo en protocolos de movilidad articular estática y dinámica o determinados juegos de activación, tan utilizados en las clases de Educación Física.

Con respecto a la valoración de las curvaturas del raquis y de la inclinación pélvica, podrían utilizarse otros sistemas de medición de manera más dinámica y durante la realización de los protocolos o actividades deportivas. El problema reside que estos sistemas y tecnologías tienen un alto coste económico y necesitan mayor tiempo de formación y de análisis de datos.

En relación al efecto crónico de los estiramientos musculares en la musculatura isquiosural, futuras líneas de investigación podrían estar enfocadas al desarrollo de programas de intervención que analizaran los resultados en función de otras variables como el volumen de práctica de actividad físico-deportiva, de sesiones semanales o de la propia experiencia con los programas de intervención. De la misma forma, sería recomendable analizar los resultados de estos programas de intervención en función de la hora del día y los días de la semana en los que se realice dentro de las clases de Educación Física.

Otra variable que debería ser analizada en futuras investigaciones es la variabilidad que se produce en los resultados a la hora de aplicar los diversos test de medición de la extensibilidad isquiosural en función del número de

repeticiones utilizado y en el caso de haber más de una, si se utilizan para establecer los resultados finales la mejor marca de ambas, la media o la última realizada.

Finalmente, un aspecto de sumo interés sería analizar los mismos parámetros del efecto agudo y crónico en todos los grupos de edad y así comprobar si existen diferencias en función de parámetros anatómico-funcionales y el momento madurativo en el que se encuentren.

Conclusiones

Las conclusiones que se extraen del presente trabajo son las siguientes:

- 1) La realización de un programa de intervención en las clases de Educación Física de 5 semanas de duración basado en estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural mejora la extensibilidad de dicha musculatura en los test *sit-and-reach* y elevación de la pierna recta pasivo en ambas piernas en estudiantes de Educación Secundaria.

El programa de intervención no mostró diferencias significativas en la disposición sagital del raquis entre el pre-test y el post-test en las posturas de bipedestación relajada y máxima flexión de tronco durante la realización del test *sit-and-reach*. Sin embargo, se evidenció en ambas pruebas una disminución del número de alumnos con cifosis torácica y lordosis lumbar, encontrándose la gran mayoría en la normalidad. Por otro lado, se encontró una menor inclinación pélvica en las dos pruebas, siendo estadísticamente significativa en la posición de máxima flexión del tronco.

De estos resultados podemos extraer la idea de que podemos mejorar la extensibilidad de la musculatura isquiosural y reducir la cifosis torácica y la lordosis lumbar de nuestros alumnos a través de la puesta en práctica durante el calentamiento de estiramientos musculares estáticos en las clases de Educación Física durante unas pocas semanas.

- 2) La puesta en práctica de dos protocolos de calentamiento basados en estiramientos musculares estáticos de la musculatura isquiosural y en carrera continua produce al acabar un incremento inmediato de la extensibilidad isquiosural en los test dedos-suelo y elevación de la pierna recta activo en las dos piernas en escolares de Primaria.

Con respecto a la disposición sagital del raquis, no se encontraron diferencias significativas entre el pre-test y el post-test en las curvaturas torácica y lumbar e inclinación pélvica tras la realización de ambos protocolos en las posiciones de bipedestación relajada y con autocorrección, en máxima flexión de tronco en sedentación, máxima

extensión de tronco en bipedestación y máxima flexión de tronco durante la realización del test-dedos suelo. A pesar de ello, se observa una disminución de la cifosis torácica, una inversión de la curvatura lumbar y un aumento de la inclinación pélvica en las posturas de flexión máxima de tronco.

Después de comparar los resultados de ambos test en la extensibilidad isquiosural de los estudiantes, se puede afirmar que ambos protocolos obtuvieron una mejora muy similar en los test dedos-suelo y elevación de la pierna recta activo, siendo la mejora del protocolo de estiramientos musculares ligeramente mayor que la del protocolo de carrera continua. Sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos test en ninguna de las pruebas. Estos resultados sugieren que ambos protocolos de calentamiento son válidos para su utilización en las clases de Educación Física cuando se pretende realizar un trabajo que implique a la musculatura isquiosural.

- 3) Las medidas antropométricas de los alumnos de Educación Primaria no influyen en la distancia alcanzada en el test dedos-suelo y más concretamente si se analiza el cociente entre la longitud de piernas y longitud de brazos, que muestra valores de gran homogeneidad. Esto puede ser debido a la proporcionalidad en el crecimiento entre los miembros superiores e inferiores en el desarrollo físico de los alumnos antes del estirón puberal. Al no encontrar diferencias significativas, podemos afirmar que no es necesario tener en cuenta variable alguna relacionada con las medidas antropométricas de los sujetos durante la realización del test de distancia dedos suelo.
- 4) Los valores de correlación entre los test de elevación de la pierna recta y test de distancia dedos-suelo son moderados-bajos, lo que indica una validez muy limitada a la hora de medir la extensibilidad isquiosural mediante test lineales en alumnado de Educación Primaria. Las correlaciones entre los test EPR y DDS son muy parecidas antes y después de la puesta en práctica de los protocolos de calentamiento, ya estén basados en estiramientos musculares o carrera continua.

9

Implicaciones educativas

En el área de Educación Física, en las diferentes etapas educativas, desde Primaria a Bachillerato, la flexibilidad a través de estiramientos musculares y la realización de test de valoración física son contenidos a desarrollar en las programaciones docentes.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tesis doctoral, sería muy recomendable incluir en la fase de calentamiento de todas las sesiones durante la etapa escolar un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural con la intención de mejorar la extensibilidad isquiosural, reduciendo la lordosis y sus repercusiones en el raquis. Aunque este programa debería desarrollarse a lo largo de todo el curso escolar, en caso de no disponer de tiempo suficiente podrá tener una duración de cinco semanas con dos sesiones por semana ya que, como se ha demostrado en este estudio, produce mejoras en la extensibilidad isquiosural y una reducción de alumnos con cifosis torácica, lordosis lumbar e inclinación pélvica.

Además, sería recomendable utilizar los tres estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural utilizados en el presente estudio ya que son eficaces a la hora de mejorar la extensibilidad. La duración de 20 segundos de los estiramientos unilaterales y 30 segundos de los bilaterales resulta idónea para conseguir ese objetivo.

Tras el análisis y observación de los resultados obtenidos sobre las curvaturas del raquis de los estudiantes y sus desalineaciones, pone de manifiesto la importancia del trabajo de la Educación Postural además de los programas de intervención anteriormente citados. Es necesario trabajar el cuidado de la columna vertebral desde edades muy tempranas a través de ejercicios específicos dentro de la Educación Física a lo largo de las diferentes etapas educativas.

Para conseguir todo ello, es muy importante detectar las posibles irregularidades o patologías físicas que presentan los alumnos desde el principio de curso. En este sentido, se hace necesaria la puesta en práctica de test de medición de la extensibilidad isquiosural y de las desalineaciones del raquis que nos aporten la información requerida para el desarrollo de las programaciones educativas. No obstante, estas pruebas deben estar

camufladas, de modo que el alumnado no sea consciente de que se está realizando una evaluación del comportamiento de su columna vertebral en determinados movimientos. Así por ejemplo, realizando una tarea en parejas consistente en sentarse uno frente a otro, a unos 3-4 metros de distancia, con las rodillas extendidas y sin rotación externa coxofemoral, y pasarse el balón el mayor número posible de veces durante 1 minuto, va a permitir observar el comportamiento dinámico de la pelvis y raquis, y su evolución con la fatiga muscular generada por la posición en flexores coxofemorales y extensores raquídeos.

De un modo u otro desde la Educación Física se debe trabajar desde una perspectiva orientada al bienestar y preventiva. Esto supone que el profesorado de Educación Física no debe caer en el error de realizar diagnósticos, que están fuera de sus competencias profesionales. Su papel radica en enseñar qué musculatura tenemos los seres humanos qué se puede hacer para trabajarla de forma adecuada. En el caso de detectar algún comportamiento anómalo del morfotipo raquídeo durante el desarrollo de las actividades propias del área, debe informar a los tutores legales del alumno para que estos acudan, si lo estiman conveniente, al profesional sanitario que corresponda.

Desde la perspectiva orientada a la prevención, sí que el profesorado puede actuar mediante la implementación de programas específicos de trabajo de la musculatura isquiosural, ya que una mayor extensibilidad se asocia a un morfotipo raquídeo más adecuado en las actividades cotidianas y en la actividad físico-deportiva. Pero debe hacerlo de forma integrada en su programación desde un prisma pedagógico.

Por ello, todas estas pruebas deben ser incluidas dentro de las baterías de ejercicios realizadas a principio de curso a modo de evaluación inicial que sirven como punto de partida de las programaciones docentes.

Por otro lado, en esta investigación se ha demostrado que realizar protocolos de calentamiento basados en estiramientos musculares estáticos o carrera continua de cinco minutos producen un incremento inmediato de la extensibilidad isquiosural. Esto supone que son unos buenos ejemplos de métodos de calentamiento en la fase inicial de las sesiones para subir la temperatura y elasticidad de la musculatura y evitar posibles lesiones o

limitaciones. Este efecto puede extrapolarse a la mayoría de los músculos principales implicados en el movimiento general del cuerpo cobrando especial importancia los estiramientos musculares de los principales músculos que se van a trabajar en mayor medida en cada sesión de Educación Física.

De la misma forma, la realización de estos protocolos también reduce de inmediato la cifosis torácica y la inversión de la curvatura lumbar y aumenta la inclinación pélvica de los estudiantes en las posturas de flexión máxima de tronco. Esto supone que estos dos protocolos son muy recomendables para su puesta en práctica cuando se realizan deportes, actividades, ejercicios o juegos en los que se usa de manera frecuente la flexión de tronco.

Tras determinar que los índices de correlación entre los test EPR y DDS y la validez de este último presentan unos valores moderados, podemos afirmar que no es muy recomendable la utilización del test DDS en las clases de Educación Física de la etapa de Educación Primaria con el objetivo de medir la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Esto supondría elegir un test con valores de validez más elevados para este objetivo como es el test EPR.

Una vez concluido que los test EPR y DDS obtienen valores de validez muy similares antes y después del desarrollo de protocolos de calentamiento compuestos por estiramientos musculares y carrera continua, podemos afirmar que dichos protocolos no son una variable necesaria a tener en cuenta en el análisis de sus resultados. Por ello, no es necesario establecer como requisito de estudio para la validez de los test no haber realizado actividad física en las últimas 24 horas lo que facilitaría la labor del docente o investigadora al no tener que controlarla durante el proceso de medición.

En relación a la escasa influencia de las medidas antropométricas en los resultados obtenidos en el test dedos-suelo, podemos afirmar que no es necesario analizar ni controlar esta variable a la hora de poner en práctica dicho test con sujetos de 6 a 12 años. Esto supondría llevar a cabo el test con más rapidez ya que ahorraríamos el tiempo de medición antropométrica y su posterior análisis estadístico que ralentiza el desarrollo de estos test con este tipo de población. Además, podemos comparar los resultados de diversos alumnos con diferentes edades sin tener que tener en cuenta sus medidas

antropométricas y, más concretamente, las longitudes de las extremidades superiores e inferiores.

10

Bibliografía

- AA.VV. (1992). *Diccionario de las Ciencias del Deporte*. Málaga: Unisport. Junta de Andalucía.
- Abernethy, P., Olds, T., Eden, B., Neill, M. & Baines, L. (1996). *Anthropometry, Health and Body Composition*. En: K Norton, T Olds. *Anthropometrica*. Sydney: UNSW Press.
- Aguilar, A. J., DiStefano, L. J., Brown, C. N., Herman, D. C., Guskiewicz, K. M. & Padua, D. A. (2012). A dynamic warm-up model increases quadriceps strength and hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1130-1141.
- Alacid, F., López-Miñarro, P. A., Martínez, I. & Ferrer-López, V. (2011). Índices antropométricos en piragüistas de categoría infantil. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10(41), 58-76.
- Alacid, F., Muyor, J. M., Alvero-Cruz, J. R., Isorna, M. & López-Miñarro, P. A. (2012). Índices antropométricos en canoístas de élite jóvenes de aguas tranquilas. *International Journal of Morphology*, 30, 583-587.
- Alacid, F., Muyor J. M. & López-Miñarro P. A. (2011). Perfil antropométrico del canoísta joven de aguas tranquilas. *International Journal of Morphology*, 29(3), 835-840.
- Alfermann, D. & Stoll, O. (2000). Effects of physical exercise on self-concept and well-being. *Internacional Journal of Spor Psychology*, 31(1), 47-65.
- Alricsson, M. & Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain - A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184.
- Álvarez del Villar, C. (1983). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Madrid: Gymnos.
- Álvarez-Yates, T. & García-García, O. (2018). Effect of a hamstring flexibility program performed concurrently during an elite canoeist competition season. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002523.
- American College of Sports Medicine (1990). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and

muscular fitness in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), 265-274.

American College of Sports Medicine (1995). *Guidelines for exercise testing and prescription* (5a. ed). Baltimore: Williams & Williams.

Anderson, B. & Burke, E. R. (1991). Scientific, medical, and practical aspects of stretching. *Clinics in Sports Medicine*, 10, 63-86.

Andújar, P., Alonso, C. & Santonja, F. (1996). Tratamiento de la cortedad de isquiosurales. *Selección*, 5(1), 37-48.

Andújar, P., Santonja, F., García de la Rubia, S. & Rodríguez, P. L. (1999). Higiene postural del escolar: Influencia de la Educación física. *Pediatría Integral*, 2, 135-142.

Armstrong, N., & Van Mechelen, W. (1998). 'Are Young People Fit and Active?', in S. Biddle, J. Sallis and N. Cavill (eds) *Young and Active? Young People and Health-enhancing Physical Activity – Evidence and Implications*, (pp. 69-97). London: Health Education Authority.

Arregui, J. A., & Martínez de Haro, V. (2001). Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(2), 127-135.

Atalay, A., Akbay, A., Atalay, B. & Akalan, N. (2003). Lumbar disc herniation and tight hamstrings syndrome in adolescence. *Child's Nervous System*, 19(2), 82-5.

Ayala, F. & Sáinz de Baranda, P. (2008). Efecto del estiramiento activo sobre el rango de movimiento de la flexión de cadera: 15 versus 30. *Motricidad*, 20, 2-14.

Ayala, F., Sáinz de Baranda, P., Cejudo, A. & De Ste Croix, M. (2010). Efecto de un programa de estiramientos activos en jugadoras de fútbol sala de alto rendimiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 5(15), 159-67.

Ayala, F., Sáinz de Baranda, P. S., de Ste, M. & Santonja, F. (2011). Criterion-related validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility in professional futsal players. *Physical Therapy in Sport*, 12(4), 175-181.

- Ayala, F., Sáinz de Baranda, P., De Ste Croix, M. & Santonja, F. (2012a). Reproducibility and criterion-related validity of the sit and reach test and toe touch test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young adults. *Physical Therapy in Sport*, 13(4), 219-226.
- Ayala, F., Sáinz de Baranda, P., Cejudo, C. & Santonja F. (2012b). Pruebas angulares de estimación de la flexibilidad isquiosural: análisis de la fiabilidad y validez. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(2), 63-70.
- Ayala, F., Sáinz de Baranda, P. S., De Ste, M. & Santonja, F. (2012c). Absolute reliability of five clinical tests for assessing hamstring flexibility in professional futsal players. *Journal of Science Medicine in Sport*, 15(2), 142-147.
- Ayala, F., Sáinz de Baranda, P. S., De Ste, M. & Santonja, F. (2012d). Reproducibility and concurrent validity of hip joint angle test for estimating hamstring flexibility in recreationally active young men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2372-2382.
- Bado, J. L., Barros, P. C., Ruiggero, A. & Navillat, M. (1964). Análisis estadístico de la frecuencia del “Síndrome de retracción de los Isquiotibiales” estudiado en colectividades infantiles sanas y su relación con el Dorso Curvo. *Anales de la Facultad de Medicina*, 49(1), 328-337.
- Bado, J. L. (1977). *Dorso Curvo*. Montevideo: Artecólor.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*. Madrid: Panamericana.
- Baltaci, G., Un, N., Tunay, V., Besler, A. & Gerceker, S. (2003). Comparison of three different sit and reach tests for measurement of hamstring flexibility in female university students. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 59-61.
- Bandy, W. D. & Irion, J. M. (1994). The Effect of Time on Static Stretch on the Flexibility of the Hamstring Muscles. *Physical Therapy*, 74(9), 845–850.
- Barlow, A., Clarke, R., Johnson, N., Seabourne, B., Thomas, D. & Gal, J. (2004). Effect of massage of the hamstring muscle group on performance

of the sit and reach test. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 349-351.

Battinelli, T. (1990). *Physique and Fitness: The Influence of Body Build on Physical Performance*. France: Exercise Physiology.

Becerra-Fernández, C. A., Mayorga-Vega, D., & Merino-Marban, R. (2017). How do students' hamstring extensibility levels change through an academic year? A longitudinal study. *Educación Física y Ciencia*, 19(2), e029. doi: <https://doi.org/10.24215/23142561e029>

Bellew S, Ford H, Shere E. (2010). The relationship between hamstring flexibility and pelvic rotation around the hip during forward bending. *The Plymouth Student Journal of Health and Social Work*, 2, 19-29.

Benavent, J., Tella, V., González-Millan, I. & Colado, J. C. (2008). Comparação de diferentes testes de campo para a avaliação da flexibilidade geral ativa. *Fitness & Performance*, 7(1), 26-29.

Bernal, J. A. & Piñeiro, R. (2009). *Flexibilidad y el sistema oseointegumentario*. Madrid: Wanceulen.

Betancourt, H. & Díaz, M. E. (2007). Estimación de las relaciones de proporcionalidad de adolescentes bailarines de ballet. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 7(28), 330-343.

Biering-Sorensen, F. (1984) Physical Measurements as Risk Indicator for Low-Back Trouble Over a One Year Period. *Spine*, 9(2), 106-119.

Bleakley, C. M., & Costello, J. T. (2013). Do thermal agents affect range of movement and mechanical properties in soft tissues? A systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(1), 149-163.

Bohajar-Lax, A., Vaquero-Cristóbal, R., Espejo-Antúnez, L. & López-Miñarro, P. A. (2015). The effect of a hamstring stretching protocol in hamstring extensibility in adolescent students: influence of the class session weekly distribution. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1241-1245.

- Boland, R. A. & Adams, R. D. (2000). Effects of ankle dorsiflexion on range and reliability of straight leg raising. *Australian Journal of Physiotherapy*, 46, 191-200.
- Borràs, X., Comella, A., Marín, F., Comella, R. R. & Cirera, E. (2007). Comparación entre la videografía y el método *Sit and Reach* para la valoración de la flexibilidad isquiotibial en deportistas escolares. *Biomecánica*, 15(1), 38-41.
- Bouchard, E., Shephard, R., Stephens, T., Surton, R. & McPherson, B. D. (1990). *Exercise, Fitness and Health. A Consensus Current Knowledge*. Champaign: Human Kinetics.
- Briggs, A. M., Van Dieën, J., Wrigley, T. V., Creig, A. M., Phillips, B. & Lo, S. K. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Journal of Physical Therapy*, 87(5), 595–607.
- Brodersen, A., Pedersen, B. & Reimers, J. (1994). Incidence of complaints about heel, knee and back related discomfort among Danish children, possible relation to short muscles. *Ugeskrift for Læger*, 156(15), 2243-2245.
- Broer, M. R. & Galles, N. R. G. (1958). Importance of relationship between various body measurements in performance of the toe-touch test. *Research Quarterly*, 29, 253-263.
- Cabry, J., & Shiple, B. J. (2000). Increasing hamstring flexibility decreases hamstring injuries in high school athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10, 311-312.
- Cailliet R. (1988). *Low back pain syndrome*. Philadelphia: Davis, FA.
- Calais-Germain, B. (2009). *Anatomía para el movimiento. Tomo I. Introducción al análisis de las técnicas corporales*. Barcelona: La Liebre de Marzo.
- Caldwell, B. & Peters, D. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1370-1377.
- Carbonell, A., Aparicio, V. A. & Delgado, M. (2009). Efectos del envejecimiento en las capacidades físicas: implicaciones Efectos del envejecimiento en

las capacidades físicas: implicaciones en las recomendaciones de ejercicio físico en personas mayores. en las recomendaciones de ejercicio físico en personas mayores. *International Journal of Sport Science*, 5(17), 1-18.

Cardoso, J. R., Azevedo, N. C. T., Cassano, C. S., Kawano, M. M. & Ambar, G. (2007). Intra and interobserver reliability of the angular kinematic analysis of the hip during the sit-and-reach test for measuring the length of hamstring muscles in university students. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(2), 119-123.

Carregaro, R. L. & Coury, H. J. C. (2009). Does reduced hamstring flexibility affect trunk and pelvic movement strategies during manual handling?. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 115–120.

Carron, A., Hausenblas, H. A. & Mack D. (1996). Social influence and exercise: A Meta Analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 18, 1-16.

Casimiro, A. J. (1999). *Comparación, evolución y relación de hábitos saludables y nivel de condición física-salud en escolares, entre final de educación primaria (12 años) y final de educación secundaria obligatoria (16 años)*. [Tesis Doctoral]. Granada: Universidad de Granada.

Caspersen, C. J., Pereira, M. A. & Curran, K. M. (2000). Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32(5), 1601-1609.

Caspersen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). Physical Activity, Exercise and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports*, 100(2), 126-130.

Castañer, M. & Camerino, O. (1993). *La educación física en la educación primaria*. Barcelona: Inde.

Castillo, I. & Balaguer, I. (2001). Dimensiones de los motivos de práctica deportiva de los adolescentes valencianos escolarizados. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 63, 22-29.

- Castro-Piñero, J., Chillón, P., Ortega, F. B., Montesinos, J. L., Sjöström, M. & Ruiz, J. R. (2009). Criterion-related validity of sit-and-reach and modified sit-and-reach test for estimating hamstring flexibility in children and adolescents aged 6-17 years. *International Journal of Sports Medicine*, 30(9), 658-662.
- Castro-Piñero, J., Girela-Réjon, M. J., González-Montesinos, J. L., Mora, J., Conde-Caveda, J., Sjöström, M., Ruiz, J. R. (2013). Percentile values for flexibility tests in youths aged 6 to 17 years: influence of weight status. *European Journal of Sport Science*, 13, 139- 148.
- Chandler, T. J., Kibler, W. B., Uhl, T. L., Wooten, B., Kiser, A. & Stone, E. (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 18, 134-6.
- Chow, R., Adams, R. & Herbert, R. (1994). Straight leg raise test high reliability is not a motor memory artefact. *Australian Journal of Physiotherapy*, 40, 107-111.
- Cini, A., de Vasconcelos, G. S. & Lima, C. S. (2017). Acute effect of different time periods of passive static stretching on the hamstring flexibility. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(2), 241-246.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science*. 2nd ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Kobayashi, S., Simic, M., Dennis, S., Refshauge, K., & Pappas, E. (2017). Non-radiographic methods of measuring global sagittal balance: A systematic review. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 12(1), 1-12.
- Coledam, D. H. C., Arruda, G. A., & Ramos de Oliveira, A. (2012). Chronic effect of static stretching performed during warm-up on flexibility in children. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(3), 296-304.
- Congdon, R., Bohannon, R. & Tiberio, D. (2005). Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clinical Biomechanics*, 20, 947-951.

- Contreras, M., Miranda, J., Ordonez, M., Miranda, M. & Diez, F. (1981). *Semiología del dorso curvo juvenil*. Madrid: Jornada Monográfica vertebral, Servicio de Rehabilitación.
- Cornbleet, S. L. & Woolsey, N. (1996). Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Physical Therapy*, 76(8), 850-855.
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M. & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.
- Czaprowski, D., Leszczewska, J., Kolwicz, A., Pawłowski, P., Kedra, A., Janusz, P. & Kotwicki, T. (2013). The Comparison of the Effects of Three Physiotherapy Techniques on Hamstring Flexibility in Children: A Prospective, Randomized, Single-Blind Study. *PLoS ONE*, 8(8), e0072026.
- Dadebo, B., White, J. & George, K. P. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 388-394.
- Davis, D. S., Ashby, P. E., McCale, K. L., McQuain, J. A & Wine, J. M. (2005). The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 27-32.
- DelisleDe la Cruz, R. & Pino, J. (2009). Condición física y salud. *Digitum*. Recuperado de <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/6621>
- De la Reina, L. & Martínez, V (2003). *Manual de teoría y práctica del acondicionamiento físico*. Madrid: CV Ciencias del Deporte.
- Del Campo, J., Martínez de Haro, V., Moya, J. M., & Refoyo, I. (2008). *Condición física y salud en el currículum LOGSE y LOE*. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 8, 27-40.
- De Weijer, V. C., Gorniak, G. C. & Shamus, E. (2003). *The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24*

hours. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(12), 727-733.

Delgado, M., Gutiérrez, A., & Castillo, M.J. (1997). *Entrenamiento físico-deportivo y alimentación. De la infancia a la edad adulta*. Barcelona: Paidotribo.

Delgado, M. & Tercedor, P. (2012). *Estrategias de intervención en educación para la salud desde Educación Física*. Barcelona: Inde.

Delgado, O., Martín, M. A., Zurita, F., Antequera, J. J. & Fernández, M. (2009). Evolutividad de la capacidad flexora según el sexo y el nivel de enseñanza. *Apunts medicina de l'sport*, 44(161), 10-7.

Department of Health and Human Services and Centers for Disease Control and Prevention (1996). *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta: GA.

DePino, G. M., Webright, W. G. & Arnold, B. L. (2000). Duration of maintained hamstring flexibility following cessation of an acute static stretching protocol. *Journal of Athletic Training*, 35, 56–59.

Devís, J. (2000). *Actividad física, deporte y salud*. Barcelona: Inde

De Weijer, V. C., Gorniak, G. C. & Shamus, E. (2003). The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33, 727-733.

Díaz, M. & Sierra, Á. (2009). La condición física en la edad escolar: hábitos de práctica saludable. *Wanceulen E.F. Digital*, (5), 69-89.

Díaz-Soler, M. A., Vaquero-Cristóbal, R., Espejo-Antúnez, L. & López-Miñarro, P. A. (2015). Efecto de un protocolo de calentamiento en la distancia alcanzada en el test sit-and-reach en alumnos adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 31(6), 2618-2623.

Dillon, C., Paulose-Ram, R., Hirsch, R. & Gu, Q. (2004). Skeletal muscle relaxant use in the United States: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *Spine*, 29(8), 892-896.

- Duncan, M. J., Woodfield, L. & al-Nakeeb, Y. (2009). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(7), 649-651.
- Enemark-Miller, E., Seegmiller, J., & Rana, S. (2009). Physiological profile, of women's lacrosse players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 39-43.
- Esola, M. A., McClure, P. W., Fitzgerald, G. K. & Siegler, S. (1996). Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*, 21(26), 71-78.
- Esparza, F., Moya, L., Vaquero-Cristóbal, R. & López-Miñarro, P. A. (2014a). *Influencia del curso académico de enseñanza profesionales de danza española en la distancia alcanzada en el test dedos-planta: estudio de corte transversal*. Murcia: V Congreso Internacional Universitario de Investigación sobre Flamenco.
- Esparza, F., Vaquero-Cristóbal, R., Calvo, M. C. & López-Miñarro, P. A. (2014b). *Validez del test dedos-planta en bailarinas de enseñanzas profesionales*. Cáceres: VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.
- Espejo-Antúnez, L., López-Miñarro, P. A., Garrido-Ardila, E. M., Castillo-Lozano, R., Domínguez-Vera, P., Maya-Martín, J. & Albornoz-Cabello, M. (2015). A comparison of acute effects between Kinesio tape and electrical muscle elongation in hamstring extensibility. *Journal of Back and musculoskeletal Rehabilitation*, 28(1), 93-100.
- Espiga, F. J. (1992). *Estudio de prevalencia brevedad constitucional de la musculatura isquiotibial*. [Tesis Doctoral]. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Evangelidis, P. (2015). Hamstrings muscle anatomy and function and implications for strain injury. [Tesis Doctoral]. Loughborouh: Loughborouh University.

- Fasuyi, F. O., Fabunmi, A. A., & Adegoke, B. O. A. (2016). Hamstring muscle length and pelvic tilt range among individuals with and without low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 21(2), 246-250.
- Fatemi, R., Javid, M., & Najafabadi, E. M. (2015). Effects of William training on lumbosacral muscles function, lumbar curve and pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 28(3), 591–597.
- Feland, J. B. & Marin, H. N. (2004). *Effect of submaximal contraction intensity in contract-relax proprioceptive neuromuscular facilitation stretching*. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 18.
- Fernández, M. J. (2001). *Efecto de un programa de Educación Postural en Educación Física en Primaria: tres años de seguimiento*. [Tesis Doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.
- Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. [Tesis Doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.
- Ferrer, V., Santonja, F. & Carrión, M. (1996). Síndrome de isquiosurales cortos y actividad física. En Ferrer, V., Martínez, L. & Santonja, F. (Coords.), *Escolar: Medicina y Deporte* (pp. 283-96). Albacete: Diputación Provincial de Albacete.
- Fisk, J. W., Baigent, M. L. & Hill, P. D. (1984). Scheuermann's disease. Clinical and radiological survey of 17 and 18 years old. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(1), 18-30.
- Foo, Y., Héroux, M. E., Chia, L. & Diong, J. (2019). Involuntary hamstring muscle activity reduces passive hip range of motion during the straight leg raise test: a stimulation study in healthy people. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20, 130-135.
- Fox, K. R. (2000). Self-esteem, self-perceptions and exercise. *International Journal of Sport Psychology*, 31(2), 228-240.
- Fowler, N. E., Rodacki, A. L. & Rodacki, C. D. (2006). Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait and Posture*, 23(2), 133–141.

- Freitas, S. R., Mendes, B., Le Sant, G., Andrade, R. J., Nordez, A., & Milanovic, Z. (2018). Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 794-806.
- Gajdosik, R. L., Albert, C. R. & Mitman, J. J. (1994) Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *Journal Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213-219.
- Gajdosik, R. & Lusin, G. (1983). Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Physical Therapy*, 63(7), 1085-1088.
- Gallotta, M. C., Bonavolontà, V., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Tito, A., Guidetti, L. & Baldari, C. (2015). Acute effects of two different tennis sessions on dorsal and lumbar spine of adult players. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1173-1181.
- García, M. (1997). *Los españoles y el deporte, 1980-1995 (un estudio sociológico sobre comportamientos, actitudes y valores)*. Valencia: Tiant lo Blanch. Consejo Superior de Deportes.
- García, M. (2005). Globalización y deporte: paradojas de la glocalización. En A. Ariño, A. (ed). (pp. 453-66). *Las encrucijadas de la diversidad cultural*. Madrid: CIS.
- García-Ibarra, A., López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. & Yuste, J. L. (2007). *Comparación de la extensibilidad isquiosural y la flexión del raquis lumbar entre canoistas y kayakistas de categoría infantil*. III Congreso Internacional de Ciencias del Deporte, 29-31 Marzo, Pontevedra, España.
- García, S. C. (1995). *Validity of the sit-and-reach test for male and female adolescents* (Unpublished doctoral dissertation). University of Eugene, United States.
- García-Vélez, A. J. (2016). *Influencia de la práctica del tenis sobre las curvaturas sagitales del raquis y la extensibilidad isquiosural en deportistas adolescentes*. [Tesis Doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.

- García-Vélez, A. J. Y López-Miñarro, P. A. (2018). Efecto agudo del entrenamiento de tenis sobre las curvas sagitales del raquis en bipedestación. (Acute effect of tennis training on sagittal spinal curvatures in standing. *Revista Cultura, Ciencia y Deporte*, 13(39), 243-252.
- Gaspar de Matos, M., Simoes, C., Fonseca, S., Reis, C. & Canha, L. (1998). *A saúde dos adolescentes portugueses*. Lisboa: Facultad de Motricidad Humana.
- Gaspar de Matos, M. & Sardinha, L. (1999). Estilos de vida activos e qualidade de vida. En Sardinha, L., Gaspar de Matos, M. & Loureiro, I. (Eds.), *Promocao da saúde. Modelos e práticas de intervencao nos âmbitos da actividade física, nutricao e tabagismo* (pp. 162-181). Lisboa: Facultad de Motricidad Humana.
- Gedalia, U., Solomow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., Lu, Y. & Harris, M. (1999). Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: part 2. Recovery of reflexive muscular stability with rest. *Spine*, 24(23), 2462-7242.
- Gilroy, A. M., MacPherson, B. R., Ross, L. R. (2008). *Atlas de Anatomia*. (1a. ed). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Göeken, L. N. & Hofl, A. L. (1991). Instrumental straight-leg Raising. A new approach to Laségue's Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 71(12), 959-965.
- González, A. & Ríos, M. (1999). Crecer con el deporte. En Nieto, G. & Garcés de los Fayos, E. J. (Eds.), *Psicología de la Actividad Física y el Deporte, Tomo I* (pp. 456-69). Murcia: Sociedad Murciana de Psicología de la Actividad Física y el Deporte.

- González-Badillo, J. J. y Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: Inde.
- González-Gálvez, N., Carrasco, M., Marcos-Pardo, P. J., Gomes de Souza R. & Feito, Y. (2015). Effects of a pilates school program of hamstrings flexibility of adolescents. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 21(4), 281-286.
- González, J. L., Martínez, J., Mora, J., Salto, G. & Álvarez, E. (2004). El dolor de espalda y los desequilibrios musculares. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 4(13), 18-34.
- Grabara, M., Kołodziej, G. & Wójcik, M. (2010). Spine flexibility and the prevalence of contractures of selected postural muscle groups in junior male football players. *Biomedical Human Kinetics*, 2, 15-18.
- Grabiner, M. K., Koh, T .J. & Jahnigen, D. W. (1993). Kinematics of recovery from a stumble. *Journal of Gerontology*, 48(3), 97-102.
- Grenier, S. G.; Russell, C. & McGill, S. M. (2003). Relationships between lumbar flexibility, sit-and-reach test, and a previous history of low back discomfort in industrial workers. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 165-177.
- Grosser, M., Hermann, H. Tusker, F. & Zintl, F. (1991). *El movimiento deportivo: Bases anatómicas y biomecánicas*. Barcelona: Martínez Roca.
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomtini, W., Hammouda, I. B., & Elleuch, M. H. (2006). Validity and reliability of Spinal Mouse to assess lumbar flexion. *Annales de Readaptation et de Medecine Physique*, 49(4), 172-177.
- Guex, K. J., Lugrin, V., Borloz, S. & Millet, G. P. (2016). Influence on Strength and Flexibility of a Swing Phase-Specific Hamstring Eccentric Program in Sprinters' General Preparation. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 525-32.
- Gutiérrez, M. (2000). Actividad física, estilos de vida y calidad de vida. *Revista de Educación Física*, 77, 5-14.

- Halbertsma, J. P., Göeken, L. N., Hof, A. L., Groothoff, J. W. & Eisma, W. H. (2001). Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(2), 232-238.
- Halbertsma, J. P., van Bolhuis, A. I. & Göeken, L. N. (1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 688-692.
- Harreby, M., Neergaard, K., Jessen, T., Larsen, E., Storr-Paulsen, A., Lindahl, A., Fisker, I. & Laegaard, E. (1999). Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: an epidemiologic study. *European Spine Journal*, 8, 444-450.
- Harrison, D. E., Colloca, C. J., Harrison, D. D., Janik, T. J., Haas, J. W., & Keller, T. S. (2005). Anterior thoracic posture increases thoracolumbar disc loading. *European Spine Journal*, 14(3), 234-242.
- Hartman, J. G. & Looney, M. (2003). Norm-referenced and criterion-referenced reliability and validity of the Back-saver sit-and-reach. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 71-87.
- Harvey, J. & Tanner, S. (1991). Low back pain in young athletes: a practical approach. *Sports Medicine*, 12(6), 394-406.
- Hasebe, K., Okubo Y, Kaneoka, K., Takada, K., Suzuki, D., & Sairyō, K. (2015). The effect of dynamic stretching on hamstrings flexibility with respect to the spino-pelvic rhythm. *The Journal of Medical Investigation*, 63(1-2), 85-90.
- Hasebe, K., Sairyō, K., Hada, Y., Dezawa, A., Okubo, Y., Kaneoka, K., & Nakamura, Y. (2014). Spino-pelvic-rhythm with forward trunk bending in normal subjects without low back pain. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 24(Suppl 1), S193-199.
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., et al. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine

and the American Heart Association. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1423-1434.

- Hemmatinezhad, M. A., Afsharnezhad, T., Nateghi, N. & Damirchi, A. (2009). The relationship between limb length with classical and modified back saver sit-and-reach tests in student boys. *International journal of fitness* 5(1), 69-78.
- Henderson, G.; Barnes, C. A. & Portas, M. D. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 397-402.
- Henricson, A. S., Fredrifsson, K., Persson, I., Pereira, R., Rostedt, Y. & Westlin, N. E. (1984). The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 6, 110-115.
- Hoeger, W. W., Hopkins, D. R., Button, S. & Palmer, T. A. (1990). Comparing the sit and reach with the modified sit and reach in measuring flexibility in adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 2(2), 156-162.
- Hopkins, D. R. & Hoegel, W. W. (1992). A comparison of the Sit-and-Reach Test and the Modified Sit-and-Reach Test in the Measurement of Flexibility for Males. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(1), 7-10.
- Hudgson, N. M., Andrews, B. C. & Butler-Adam, J. F. (1995). Leisure participation and perceptions of psychological benefits. *Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 18(2), 29-37.
- Hui, S. C., Morrow, J. R. & Jackson, A. W. (1999). Comparison of the criterion-related validity of sit-and-reach test with and without limb length adjustment in Asian adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(4), 401-406.
- Hui, S. S. C. & Yuen, P. Y. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with others protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1655-1659.

- Hyytiäinen, K., Salminen, J. J., Suviö, T., Wickström, G. & Penttinen, J. (1991). Reproducibility of nine test to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 23(9), 3-10.
- Jackson, A. W. & Baker, A. A. (1996). The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 183-186.
- Jackson, A. & Langford, N. J. (1989). The criterion-related validity of sit and reach test: Replication and extension of previous findings. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(4), 385-387.
- Jones, M. A., Stratton, G., Reilly, T. & Unnithan, V.B. (2005). Biological risk indicators for recurrent non-specific low back pain in adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 137-140.
- Jordà, E. (1971). Brevedad de los isquiosurales. El síndrome de Bado en la gimnasia educativa y el deporte. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 8(31), 123-124.
- Józwiak, M. & Pietrzak, S. (1998). Patella position versus length of hamstring muscle in children. *Journal of Pediatric Orthopedic*, 18(2), 268-70.
- Józwiak, M., Pietrzak, S. & Tobjasz, F. (1997). The epidemiology and clinical manifestations of hamstring muscle and plantar foot flexor shortening. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(7), 481-483.
- Kaiser, A., Sokolowsky, M & Morzkowiak, M. (2014). Effects of a 90-minute wrestling training on the selected features of the shape of spine and pelvis under load. *Archives of Budo*, 10(1), 57-65.
- Kanášová, J. (2008). Reducing shortened muscles in 10-12-year-old boys through a physical exercise programme. *Medicina Sportiva*, 12(4), 115-123.
- Kang, M. H., Jung, D. H., An, D. H., Yoo, W. G., & Oh, J. S. (2013). Acute effects of hamstring-stretching exercises on the kinematics of the lumbar spine and hip during stoop lifting. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26(3), 329-336.

- Kapandji, A. (1998). *Fisiología articular. Tomo III (5ª Edición)*. Madrid: Panamericana.
- Kawano, M. M., Ambar, G., Oliveira, B. I. R., Boer, M. C., Cardoso, A. P. R. G. & Cardoso, J. R. (2010). Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 14(1), 10-5.
- Kemmochi, M., Sasaki, S. & Ichimura, S. (2018). Association between reduced trunk flexibility in children and lumbar stress fractures. *Journal of Orthopaedics*, 15(1), 122-127.
- Kendall, E., Peterson, J. & Geise, P. (2005). *Músculos, pruebas, funciones y dolor postural*. Madrid: Marbán.
- Kibler, W. & Chandler, T. (2003). Range of motion in junior tennis players participating in an injury risk modification program. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 51-62.
- Laurence, E. H., Pelma, T. W. & Burke, D. G. (1999). Modifications to the Standard sit-and-reach flexibility protocol. *Journal of Athletic Training*, 34(1), 43-7.
- Lemmink, K., Kemper, H., de Greef, M., Rispen, P. & Stevens, M. (2003). The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged to older men and women. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 74(3), 331-336.
- Levine, D. & Whittle, M. W. (1996). The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(3), 130-135.
- Lian, C. (1916). Epreuve d'aptitude Physique à l'effort. *Presse Médicale*, 24, 563-567.
- Liemohn, W., Martin, S. & Pariser, G. (1997). The effect of ankle posture on sit-and-reach test performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 239-241.

- Liemohn, W., Sharpe, G. L. & Wasserman, J. F. (1994a) Lumbosacral movement in the sit-and-reach and in Cailliet's protective hamstring stretch. *Spine* 19, 2127-2130.
- Liemohn, W., Sharpe, G. L. & Wasserman, J. F. (1994b). Criterion related validity of the sit-and-reach test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(2), 91-94.
- Li, Y., McClure, P. W. & Pratt, N. (1996). The effect of hamstring muscle stretching on standing posture and on lumbar and hip motions during forward bending. *Physical Therapy*, 76, 836-849.
- López-Miñarro, P. A. (2003). *Análisis de ejercicios de acondicionamiento muscular en salas de musculación. Incidencia sobre el plano sagital*. [Tesis Doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.
- López-Miñarro, P. A. (2010). Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 5(13), 25-31.
- López-Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2010). Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science & Sports*, 25(4), 188-193.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C., Yuste, J. L., & García, A. (2008a). Valoración y comparación de la extensibilidad isquiosural entre kayakistas y canoistas de categoría infantil. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 20, 97-111.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. & Muyor, J. M. (2009b). Comparison of the forward reach score among several sit-and-reach tests. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(11), 186.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. & Muyor, J. M. (2009c). A comparison of the sit-and-reach and the modified sit-and-reach tests as measures of hamstring extensibility in young adults. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(11), 186.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. & Muyor, J. M. (2009d). Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y

corredores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(36), 379-392.

López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Muyor, J. M., & López, F. J. (2010b). Validez del test sit-and-reach modificado como criterio de extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Revista Kronos*, 17, 37-44.

López-Miñarro, P. A., Alacid, F., & Rodríguez, P. L. (2010c). Comparison of sagittal spinal curvatures and hamstring muscle extensibility among young elite paddlers and non-athletes. *International SportMed Journal*, 11(2), 301-312.

López-Miñarro, P. A., Ferragut, C., Alacid, F., Yuste, J. L., & García, A. (2008d). Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *APUNTS Medicina Deportiva*, 43(157), 24-29.

López-Miñarro, P. A., García, A. & Rodríguez, P. L. (2010a). Comparación entre diferentes test lineales de medición de la extensibilidad isquiosural. *APUNTS Educación Física y Deportes*, 99(1), 56-64.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2011b). Validez de los test lineales de extensibilidad isquiosural en mujeres mayores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(43), 564-572.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M. & Alacid, F. (2011c). Sagittal spinal and pelvic postures of highly-trained Young canoeists. *Journal of Human Kinetics*, 29, 41-48.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2012b). Influence of hamstring extensibility on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in high-trained young kayakers. *European Journal of Sports Sciences*, 12(6), 469-474.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M. & Alacid, F. (2013b). The influence of hamstring extensibility on spinal and pelvic postures in highly trained paddlers. *Journal of Physical Education and Health*, 2(4), 49-55.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., Isorna, M., & Vaquero, R. (2014b). Disposición sagital del raquis, inclinación pélvica y extensibilidad

isquiosural en kayakistas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14(56), 633-650.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., & Rodríguez, P. L. (2011a). Influence of sport training on sagittal spinal curvatures (pp. 63-98). En: Wright, A. M., & Rothenberg, S. P. (Eds). *Posture: Types, Assessment and Control*. Nova Publishers Pub Inc: New York.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid F. & Vaquero, R. (2012d). *Efecto inmediato del estiramiento isquiosural en la morfología raquídea en flexión máxima del tronco*. Granada: VII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., & Vaquero, R. (2014a). Influence of hamstring extensibility on spinal and pelvic postures in highly trained athletes (pp. 81-93). En: Curran, S. A. (Coord.). *Posture: types, exercises and health effects*. Nova Science Publishers Inc: Nueva York.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F. & Vaquero-Cristóbal, R. (2014c). *Acute effect of active hamstring stretching in adults with limited hamstring extensibility*. Murcia: IV NSCA International Conference.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F. & Vaquero-Cristóbal, R. (2014f). *Immediate effects of hamstring muscle stretching in sagittal curvatures*. Murcia: IV NSCA International Conference.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., Vaquero-Cristóbal, R. & Espejo, L. (2014d). *Efecto agudo del estiramiento isquiosural en adultos con una reducida flexibilidad*. Cáceres: VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., Vaquero-Cristóbal, R. & Espejo, L. (2014e). *Efecto agudo de una sesión de fortalecimiento de miembros superiores en la extensibilidad isquiosural*. Cáceres: VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., & Vaquero, R., López-Plaza, D., & Isorna, M. (2013a). Comparison of hamstring extensibility and spinal posture between kayakers and canoeists. *Kinesiology*, 45(2), 163-170.

- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Belmonte, F., & Alacid, F. (2012a). Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *Journal of Human Kinetics*, 31, 69-78.
- López-Miñarro, P. A. & Rodríguez, P. L. (2010d). Hamstring muscle extensibility influences the criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1013-1018.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez, P. L. & Santonja, F. (2013c). The effect of school physical education programme on low-back pain in schoolchildren. *Journal of Physical Education and Health*, 2(4), 43-48.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez, P. L., Santonja, F., Yuste, J. L., & García, A. (2007b). Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez-García, P. L., Yuste, J. L., Alacid, F., Ferragut, C., & García, A. (2008b). Validez de la posición del raquis lumbo-horizontal en flexión como criterio de extensibilidad isquiosural en deportistas jóvenes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(124), 11-18.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P., Andújar, P. S. & Rodríguez-García, P. L. (2009a). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8(1), 116-122.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P., Rodríguez, P. L. & Ortega, E. (2007c). A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 456-462.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P., Rodríguez-García, P. L., & Yuste, J. L. (2008e). Comparison between sit-and-reach test and V sit-and-reach test in young adults. *Gazzetta Medica Italiana*, 167(4), 135-142.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P., Yuste, J. L. & Rodríguez, P. L. (2008f). Validez del test sit-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(8), 87-92.

- López-Miñarro, P. A., Sánchez, J., Yuste, J. L. & Sáinz de Baranda, P. (2007a). Valoración de la extensibilidad isquiosural y morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol sala. Pontevedra: *III Congreso Nacional de Ciencias del Deporte*.
- López-Miñarro, P. A., Vaquero, R., Muyor, J. M., Alacid, F. & Isorna, M. (2012c). Validez de criterio del test sit-and-reach como medida de la extensibilidad isquiosural en piragüistas. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 20(7), 95-101.
- Macfarlane, A. (1981). Test-retest reliability of Straight Leg Raise as determined by pain onset. Unpublished Postgraduate Diploma Dissertation, Lincoln Institute of Health Sciences, Melbourne, cited in Matyas T A and Bach TM (1985): The reliability of selected techniques in clinical arthrometrics. *Australian Journal of Physiotherapy*, 31, 175 -199.
- Magnusson, S. P., Aagaard, P. & Nielson, J. J. (2000). Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise*, 32(6), 1160-1164.
- Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Sørensen, H. & Kjaer, M. (1996). A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 497(1), 291-298.
- Mahar, M. T. y Rowe, D. A. (2008). Practical guidelines for valid and reliable youth fitness testing. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 12, 126-145.
- Mannion, A. F., Knecht, K., Balaban, G., Dvorak, J., & Grob, D. (2004). A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *European Spine Journal*, 13(2), 122-136.
- Martínez, E. J. (2003). Aplicación de la prueba de rotación de hombros con bastón, sit and reach y flexión profunda de cuerpo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3, 149-172.

- Martínez, F., Pastor, A. & Rodríguez, P. L. (2001). Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en gimnasia rítmica deportiva. En A. Díaz y E. Segarra, *Actas del 2º Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad*, 330-348. Madrid: Gymnos.
- Martínez-García, A. C. (2013). *Efectos de un programa de Educación Postural sobre el Morfotipo Sagital del Raquis, la Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural y el Psoas Iliaco y la Resistencia Muscular, Abdominal y Lumbar en Escolares en Educación Secundaria*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia, Facultad de Medicina.
- Martínez, P. (2004). *Disposición del raquis en el plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia, Murcia.
- Matthews, F., Shaw, V. & Bohnen, M. (1957). Hip flexibility of college women as related to length of body segments. *Research Quarterly*, 28, 353,356.
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marban, R., Garrido, F. J. & Viciano, J. (2014a). Comparison between warm-up and cool-down stretching programs on hamstring extensibility gains in primary schoolchildren. *Physical Activity Review*, 1(1), 16-24.
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marban, R., Manzano-Lagunas, J., Blanco, H. & Viciano, J. (2016). Effects of a Stretching Development and Maintenance Program on Hamstring Extensibility in Schoolchildren: A Cluster-Randomized Controlled Trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(1), 65-74.
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R., Real, J., & Viciano, J. (2015). A physical education-based stretching program performed once a week also improves hamstring extensibility in school children: a cluster-randomized controlled trial. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1715-1721.
- Mayorga-Vega, D., Merino-Marbán, R. & Viciano, J. (2014b). Criterion-related validity of sit-and-reach tests for estimating hamstring and lumbar extensibility: a meta-analysis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(1), 1-14.

- McCarthy, J. J. & Betz, R. R. (2000). The relationship between thigh hamstrings in lumbar hypolordosis in children with cerebral palsy. *Spine*, 25(2), 211-3.
- McGill, S. M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- McIntyre, M. & Hall, M. (2005). Physiological profile in relation to playing position of elite college Gaelic footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 264-266.
- Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G., & Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practise*, 32(6), 438-445.
- Mejia, E. A., Hennrikus, W. L., Schwend, R. M., & Emans, J. B. (1996). A prospective evaluation of idiopathic left thoracic scoliosis with MRI. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 16(3), 354-358.
- Melrose, D. R., Spaniol, F. J., Bohling, M. E. & Bonnette, R. A. (2007). Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 481-486.
- Merino, R., Mayorga, D. & Fernández, E. (2011). Validez del test sit-and-reach para la valoración de la extensibilidad isquiosural en triatletas de categoría juvenil. *Trances*, 3(3), 415-434.
- Mierau, D., Cassidy, J. D. & Yong-Hing, K. (1989). Low-Back pain and straight in children and adolescents. *Spine*, 14(5), 526-528.
- Million, R., Hall, K., Nilsen, K. H., Baker, R. D. & Jayson, M. I. V. (1982). Assessment of the progress of the back-pain patient. *Spine*, 7, 204-212.
- Minkler, S. & Patterson P. (1994). The validity of the modified sit-and-reach test in college-age students. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 65, 189-92.
- Mirzaei, B., Curby, D. G., Rahmani-Nia, F. & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of elite Iranian junior freestyle wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2339-2344.

- Mookerjee, S., Mills, S., Millard, R., Nishimura, H., Armillei, R. & Marotta, G. (2003). EMG analysis of muscle activity during flexibility tests. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(5), 126.
- Moradi, E., Motlagh, S. H., & Nikkhah, Z. (2014). Measurement of the Effect of the Static Stretching on Hamstring Flexibility in High School Females. *International Journal of Life Sciences*, 8(5), 18-21.
- Moreira, R. F., Akagi, F. H., Wun, P. Y., Moriguchi, C. S., & Sato, T. O. (2012). Effects of a school based exercise program on children's resistance and flexibility. *Work*, 41(1), 922-928.
- Moreno, J. A. & Rodríguez, P. L. (1995). *Contenidos teóricos en Educación Física*. Barcelona: Diego Marín.
- Mosher, R. E., Carre, F. A. & Schutz, R. W. (1982). Physical fitness of students in British Columbia: a criterion-referenced evaluation. *Canadian Journal of Applied Sports Science*, 7, 249-57.
- Mula, A. & Sainz de Baranda, P. (2020). Efectos de la aplicación de programas de estiramientos sobre la musculatura isquiosural en escolares: Revisión bibliográfica. *JUMP*, (1), 53-66.
- Murphy, J. R., Di Santo, M. C., Alkanani, T. & Behm, D. G. (2010). Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs a traditional warm-up. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 35(5), 679-690.
- Muyor, J. (2017). Validity and Reliability of a New Device (WIMU®) for Measuring Hamstring Muscle Extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 38(9), 691-695.
- Muyor, J. M. (2010). *Evaluación del morfotipo raquídeo en el plano sagital y grado de extensibilidad isquiosural del ciclista*. [Tesis Doctoral]. Almería: Universidad de Almería.
- Muyor, J. M., Alacid, F., Vaquero, R. & López-Miñarro, P. A. (2012a). *Disposición sagital del raquis y pelvis en ciclistas durante el ejercicio de estiramiento isquiosural sit-and-reach*. Granada: VII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2011). Influence of hamstring muscles extensibility on spinal curvatures and pelvic tilt in highly trained cyclists. *Journal of Human Kinetics*, 29(1), 15-23.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2013a). The Relationship Between Hamstring Muscle Extensibility and Spinal Postures varies with the degree of knee extension. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(6), 678-686.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2013b). Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of Sports Science Medicine*, 12(3), 588-593.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A. & Casimiro, A. (2012b). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., Alacid, F. & Vaquero, R. (2012c). *Valoración del grado de extensibilidad isquiosural en ciclistas de categoría master 30*. Pontevedra: IV Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Educación Física.
- Muyor, J. M., Vaquero-Cristóbal, R., Alacid, F. & López-Miñarro, P. A. (2014a). Criterion-related validity of sit-and reach and toe-touch tests as a measure of hamstring extensibility in athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 546-555.
- Muyor, J. M., Zemková, E., & Chren, M. (2017). Effects of Latin style professional dance on the spinal posture and pelvic tilt. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(4), 791-800.
- Muyor, J. M., Zemková, E., Štefániková, G., & Kotyra, M. (2014b). Concurrent validity of clinical tests for measuring hamstring flexibility in school age children. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 664-669.
- Nakano, J., Yamabayashi, C., Scott, A. & Reid, W. D. (2012). The effect of heat applied with stretch to increase range of motion: a systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 13(3), 180-188.

- Napiontek, M. & Czubak, J. (1998). Hamstring shortening: postural defect or congenital contracture. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 7(1), 71-76.
- Nelson R. T. (2006). A comparison of the immediate effects of eccentric training vs static stretch on hamstring flexibility in high school and college athletes. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1,56-61.
- Nelson, R. T. & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training*, 39(3), 254-258.
- Norris, C. & Matthews, M. (2005). Inter-tester reliability of a self-monitored active knee extension test. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9, 256–259
- Norton, K., Olds, T., Olive, S. & Craig, N. (1996). *Anthropometry and Sports Performance*. En: Norton, K. & Olds, T. (Eds.). *Anthropometrica*. Sydney: University of New South Wales Press.
- Nourbakhsh, M. R. & Arab, A. M. (2002). Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(9), 447-460.
- Nyland, J., Kocabey, Y. & Caborn, D. (2004). Sex differences in perceived importance of hamstring stretching among high school athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 99(1), 3-11.
- O'hora, J., Cartwright, A., Wade, C. D., Hough, A. D. & Shum, G. L. (2011). Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1586-1591.
- O'Sullivan, K., Murray, E. & Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10, 37-46.
- Pacheco, J. L. (1993). *La proporcionalidad corporal*. En Esparza, F. (1990). *Manual de cineantropometría*. Pamplona: FEMEDE.
- Pacheco, L. & García, J. J. (2010). Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano y lesionado. *Apunts Med Esport*, 45(166), 109-125.

- Pastor, A. (2000). *Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite españoles*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia, Murcia.
- Patni, O., Saravanan, M., Shaikh, A., Juneja, A., Shaikh, N. & Patel, R. (2013). Effect of single bout of passive stretching and Mulligan's Bent Leg Laise (MLR) on Hamstring flexibility in young adults with asymptomatic bilateral Hamstring tightness. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 9(3), 13-17.
- Patterson, P., Wiksten, D. L., Ray, L., Flanders, C. & Sanphy, D. (1996). The validity and reliability of the back saver sit-and-reach test in middle school girls and boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67(4), 448-451.
- Peharec, S., Jerković, R., Bacić, P., Azman, J. & Bobinac, D. (2007). Kinematic measurement of the lumbar spine and pelvis in the normal population. *Collegium Antropologicum*, 31, 1039-1042.
- Peña, W. A. (2010). *Educación Física y Salud: Programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad Isquiosural en Secundaria y Bachillerato*. [Tesis Doctoral]. Murcia: Universidad de Murcia.
- Perelló, V. (2005). Estudio de la musculatura de la región posterior del muslo tras programa de estiramientos. [Tesis Doctoral]. Valencia: Universidad de Valencia.
- Perrier, E. T., Pavol, M. J. & Hoffman, M. A. (2011). The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1925-1931.
- Pino-Ortega, J., Hernández-Belmonte, A., Bastida-Castillo, A. & Gómez-Carmona, C. D. (2018). Evaluación de la velocidad angular en el test de elevación de la pierna recta: validez y fiabilidad de un dispositivo inercial (WIMU PROTM). *Revista de Ciencias del Deporte*, 14(2), 79-88.

- Piqueras-Rodríguez, F., Palazón-Bru, A. & Gil-Guillén, V. F. (2016). Effectiveness Analysis of Active Stretching Versus Active Stretching Plus Low-Frequency Electrical Stimulation in Children Who Play Soccer and Who Have the Short Hamstring Syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 26(1), 59-68.
- Polga, D., Beaubien, B., Kallemeier, P., Schellhas, K., Lew, W., Buttermann, G. & Wood, K. (2004). Measurement of *in vivo* intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29(12), 1320-1324.
- Pollock, M. L., Dimmick, J., Miller, H. S., Kendrick, Z. & Linnerud, A. C. (1975). Effects of mode of training on cardiovascular function and body composition of middle-aged men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 7(2), 139-145.
- Post, R. B., & Leferink, V. J. (2004). Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the SpinalMouse, a new non-invasive device. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 124(3), 187-192.
- Puentedura, E. J., Huijbregts, P. A., Celeste, S., Edwards, D., In, A., Landers, M. R. & Fernández-de-las-Penas (2011). Immediate effects of quantified hamstring stretching: Hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport*, 12, 122-126.
- Puig, N. (1998). Individualización, diferencia y calidad de vida en el deporte. Educación Física y Calidad de Vida. En Martínez del Castillo, J. (Ed.), *Deporte y Calidad de Vida* (pp. 20-36). Madrid: Librerías deportivas Esteban Sanz.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. BOE nº 52 de 1 de marzo de 2014.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE nº 3 de 3 de enero de 2015.
- Reigal, R. & Videra, A. (2013). Efectos de una sesión de actividad física sobre el estado de ánimo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52): 783-798.

- Reilly, T. (2008). The international face of sports science through the window of the Journal of Sports Sciences - with a special reference to kinanthropometry. *Journal of Sports Sciences*, 26(4), 349-63.
- Rodrigues, S. A., Rabelo, A. S., Couto, B. P., Motta-Santos, D., Drummond, M. D. M., Gonçalves, R., Silva, R. A. D. y Szmuchrowski, L. A. (2017). Efectos Agudos de un Ejercicio de Estiramiento y Vibración Mecánica en los Isquiotibiales. *JEPonline*, 20(4), 46-57.
- Rodríguez, P. L. (1998). *Educación física y salud del escolar: programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. [Tesis Doctoral]. Granada: Universidad de Granada.
- Rodríguez-García, P. L., López-Miñarro, P. A., Yuste, J. L. & Sáinz de Baranda, P. (2008b). Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt, and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Medicina dello Sport*, 61, 11-20.
- Rodríguez, P. L. & Moreno, J. A. (1997). Fundamentos en el desarrollo de los estiramientos. *Archivos de Medicina del Deporte XIV*, 57, 37-43.
- Rodríguez, A., Sánchez, J., Rodríguez, J. A. & Villa, J. G. (2016). Effects of seven weeks of static hamstring stretching on flexibility and sprint performance in young soccer players according to their playing position. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(4), 345-51.
- Rodríguez, P. L. & Santonja, F. (2000). Los estiramientos en la práctica físico-deportiva. *Selección*, 9(4), 191-205.
- Rodríguez, P. L., Santonja, F., Canteras, M., Delgado, M., Fernández, J. & Balsalobre, J. (1999). Mejora de la extensibilidad isquiosural tras un programa escolar de estiramientos. *Selección*, 8(4), 157-164.
- Rodríguez, P. L., Santonja, F. M., López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P. & Yuste, J. L. (2008a). Effect of physical education stretching programme on sit-and-reach score in schoolchildren. *Science & Sports*, 23(3-4), 170-175.
- Rosario, J. L. & Foletto, A. (2015). Comparative study of stretching modalities in healthy women: Heating and application time. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 19(1), 3-7.

- Rubinfeld, M. J., Wygand, J. & Otto, R. M. (2002). Hamstring flexibility as assessed by multiple angle sit & reach box apparatus. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(5), S151.
- Sahrmann, S. A., (2002). *Diagnosis and Treatment of Movement. Impairment Syndromes*. Philadelphia: Mosby.
- Sáinz de Baranda, P. (2002). *Educación Física y Actividad Extraescolar: programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad isquiosural en Primaria*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia, Murcia.
- Sáinz de Baranda, P. (2009). El trabajo de la flexibilidad en Educación física: Programa de intervención. *Ciencia, Cultura y Deporte*, 5(10), 33-38.
- Sáinz de Baranda, P. & Ayala, F. (2010). Chronic flexibility improvement after 12 week stretching program utilizing the ACSM recommendations: Hamstring flexibility. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 1-8.
- Sáinz de Baranda, P., López Miñarro, P. A. & Martínez-Almagro, A. (2005). Disposición sagital del raquis y extensibilidad isquiosural en mujeres postmenopáusicas activas y sedentarias. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3, 137-144.
- Sáinz de Baranda, P., López Miñarro, P. A., Martínez-Almagro, A., Cejudo, A. & Rodríguez, O. (2005). Valoración de la musculatura isquiosural en personas mayores. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 40, 31-35.
- Sáinz de Baranda, P., Rodríguez, P. L., Santonja, F. M., López, P. A., Andújar, P., Ferrer, V. & Pastor, A. (2006). Effects of hamstring stretching exercises on the toe-touch test in elementary schoolchildren. *Journal of Human Movement Studies*, 51(4), 277-289.
- Sallis, J. F. & Owen, N. (1999). *Physical activity and behavioural medicine*. Thousand Oaks, California: SAGE.
- Sánchez Rivas, E., Mayorga-Vega, D., Fernández Rodríguez, E & Merino-Marbán, R. (2014). Efecto de un programa de estiramiento de la musculatura isquiosural en las clases de educación física en Educación Primaria. *Journal of Sport and Health Research*, 6(2), 159-168.

- Sands, W. A., McNeal, J. R., Penitente, G., Murray, S. R., Nassar, L., Jemni, M., Mizuguchi, S., & Stone, M. H. (2016). Stretching the spines of gymnasts: A review. *Sports Medicine*, 46(3), 315-327.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Stone, M. H., Russell, E. M. & Jemni, M. (2006). *Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 720-725.
- Santonja, F. (1993). *Exploración clínica y radiológica del raquis sagital. Sus correlaciones*. Murcia: Secretariado de Publicaciones e intercambio científico.
- Santonja, F., Ferrer, V. & Martínez, I. (1995). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4(2), 81-91.
- Santonja, F., Gómez, F., Canteras, M., Sáinz, P. & Ferrer, V. (2002). Amplitud de la flexo-extensión del tronco en bailarinas y estudio de la extensibilidad isquiosural. *Selección*, 11, 271.
- Santonja, F. & Martínez (1992). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En Santonja, F. & Martínez, I. (eds). *Valoración médico deportiva del escolar* (pp.245-58). Murcia: Universidad de Murcia.
- Santonja, F. & Pastor A. (2003). Cortedad isquiosural y actitud cifótica lumbar. *Selección*, 12(3), 150-154.
- Santonja, F. & Martinez, I. (1995). Raquis y deporte. ¿Cuál sí y cuándo? *Selección*, 4(1), 28-38.
- Santonja, F., Rodríguez, P. L., Sáinz de Baranda, P. & López Miñarro, P. A. (2004). Papel del profesor de Educación física ante las desalineaciones de la columna vertebral. *Selección*, 13(1), 5-17.
- Santonja, F. M., Sáinz de Baranda, P., Rodríguez, P. L., López Miñarro, P. A. & Canteras, M. (2007). Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 304-308.
- Santonja-Medina, F., Collazo-Diéguez, M., Martínez-Romero, M. T., Rodríguez-Ferrán, O., Aparicio-Sarmiento, A., Cejudo, A., Andújar, P. & Sainz de

- Baranda, P. (2020). Classification System of the Sagittal Integral Morphotype in Children from the ISQUIOS Programme (Spain). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2467.
- Sanz, I. (2002). Natación y flexibilidad. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2(6), 128-142.
- Sañudo, B. & De Hoyo, M. (2007). El control de la intensidad del esfuerzo y su incidencia sobre la actividad física en edad escolar. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(7), 13-17.
- Sardinha, J. C. (1995). *Formação de preço: a arte do negócio*. São Paulo: Makron Books.
- Scott, M. (2016). The effect of hamstring lengthening on pelvic tilt and lumbar lordosis. [Tesis Doctoral]. Tennessee: University of Tennessee Health Science Center.
- Serna, L., Santonja, F. & Pastor, A. (1996). Exploración clínica del plano sagital del raquis. *Selección*, 5(2), 36-50.
- Sewall, L. & Micheli, L. J. (1986). Strength training for children. *Journal Pediatric Orthopaedics*, 6(2), 143-146.
- Sexton, P. & Chambers, J. (2006). The importance of flexibility for functional range of motion. *Athletic Therapy Today*, 11(3), 13-17.
- Shimon, J. M., Martínez, R., Darden, G. F. & Clouse-Snell, J. (2010). Initial reliability and validity of the Lift-and-Raise hamstring test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 517-521.
- Shrout, P. E. y Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420-428.
- Siegel, J. A., Camaione, D. N. & Manfredi, T. G. (1989). The effects on upper body resistance training on prepubescent children. *Pediatric Exercise Science*, 1, 145-154.

- Simoneau, G. G. (1998). The impact of various anthropometric and flexibility measurements on the sit-and-reach test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 232-232.
- Smith, J. F. & Miller, C.V. (1985). The effect of head position on sit and reach performance. *Research Quarterly of Exercise and Sport*, 56, 84-85.
- Somhegyi, A. & Ratko, I. (1993). Hamstring Tightness and Scheuermann's Disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(1), 44.
- Soriano-Férriz, B. & Alacid, F. (2018). Programas y ejercicios de flexibilidad dentro de las clases de Educación Física, en niños y niñas escolares, y su efecto en la mejora de la flexibilidad isquiosural: una revisión sistemática. *MHSalud: Revista En Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 15(1), 1-15.
- Spernoga, S. G., Uhl, T. L., Arnold, B. L. & Gansneder, B. M. (2001). Duration of maintained hamstrings flexibility after a one time, modified hold-relax stretching protocol. *Journal of Athletic Training*, 36, 44-46.
- Standaert, C. J. & Herring, S. A. (2000). Spondylolysis: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 34(6), 415-422.
- Stokes, I. A. & Aberly, I. M. (1980). Influence of the hamstring muscles of lumbar spine curvature in sitting. *Spine*, 5, 525-528.
- Stutchfield, B. & Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sports Science*, 6(4), 255-260.
- Takahashi, I., Kikuchi, S., Sato, K., & Sato, N. (2006). Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk? A biomechanical study. *Spine*, 31(1), 18-23.
- Takata, K. & Takahashy, K. (1994). Hamstring tightness and ciatica in young patients with dise herniation. *Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, 76(2), 220-224.
- Tanaka, H., Desouza, C. A., Jones, P. P., Stevenson, E. T, Davy, K. P. & Seals, D. R. (1997). Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age

in physically active vs. sedentary healthy women. *Journal of Applied Physiology*, 83(6), 1947-1953.

Taylor, D. C., Dalton, J. D., Seaber, A. V. & Garrett, W. E. (1990). *Viscoelastic properties of muscle-tendon units*. The biomechanical effects of stretching. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(3), 300-309.

Telama, R. & Yang, X. (2000). Decline of physical activity from young to young adulthood in Finland. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 32(5), 1617-1622.

Thomas, J. R. y Nelson, J. K. (2007). *Medición de las variables en investigación*. En J. R. Thomas, y J. K. Nelson (Eds.), *Métodos de investigación en actividad física* (pp. 195-217). Barcelona: Paidotribo.

Toskovic, N., Blessing, D. & Williford, H. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 164-172.

Trehearn, T. L. & Buresh, R. J. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 158-162.

Tully, E. A. & Stillman, B. C. (1997). Computer-aided video analysis of vertebrofemoral motion during toe touching in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(7), 759-766.

Tüzün, C., Yorulmaz, I., Cindas, A., Vatan, S. (1999). Low back pain and posture. *Clinical Rheumatology*, 18(4), 308-312.

Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N. & Poza, J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969.

Useros, P. & Campos, M. (2011). Estiramientos analíticos y stretching global activo en clases de Educación física. *Fisioterapia*, 33(2), 70-78.

Vaquero-Cristóbal, R., Alacid, F., Esparza-Ros, F., Muyor, J. M. & López-Miñarro, P. A. (2015a). Efectos de un programa de 16 semanas de Pilates mat sobre las variables antropométricas y la composición corporal en

mujeres adultas activas tras un corto proceso de desentrenamiento. *Nutrición Hospitalaria*, 31(4), 1744-1753.

- Vaquero, R., Esparza-Ros, F., Gómez-Durán, R., Martínez-Ruiz, E., Muyor, J. M., Alacid, F. & López-Miñarro, P. A. (2015b). Morfología de las curvaturas torácica y lumbar en bipedestación, sedentación y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bailarinas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(2), 87-93.
- Vaquero-Cristóbal, R., López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Muyor, J. M., Martínez-Ruiz, E., Esparza-Ros, F. (2014a). *Hamstring extensibility of professional studies female dancers*. Murcia: IV NSCA International Conference.
- Vaquero-Cristóbal, R., López-Miñarro, P. A., Esparza, M., Calvo, M. C., Alacid, F., Muyor, J. M. & Esparza, F. (2014b). *Diferencias en la extensibilidad isquiosural entre la pierna dominante y no dominante en bailarinas de 3º a 6º de enseñanza profesionales de español*. Murcia: V Congreso Internacional Universitario de Investigación sobre Flamenco.
- Vaquero-Cristóbal, R., Muyor, J. M., Alacid, F. & López-Miñarro, P. A. (2012). Efecto de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural en futbolistas. *International Journal of Morphology*, 30(3), 1065-1070.
- Vaquero, R., Muyor, J. M., Alacid, F. & López-Miñarro, P. A. (2013). Evolución de la extensibilidad isquiosural en futbolistas tras un programa de estiramientos. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 403, 25-32.
- Verjorshanski, I. & ZIF, M. (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Vidal Barbier, M. (1995). Valoración de siete métodos de desarrollo de la flexibilidad. *Apunts Medicina de l'Esport*, 32(125), 195-201.
- Vidal Barbier, M., Vidal Almiñana, T., Almela Zamorano, M. & Vidal Almiñana, M. (2011). El acortamiento de los isquiosurales. *Apunts Medicina de L'sport, Educación Física y Deportes*, 3(105), 44-50.
- Wagner, T., Behnia, N., Ancheta, W. K., Shen, R. & Farrokhi, S. (2010) Strengthening and neuromuscular reeducation of the gluteus maximus in a

- triathlete with exercise-associated cramping of the hamstrings. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(2), 112-119.
- Wang, S. S., Whitney, S. L., Burdett, R. C. & Janosky, J. E. (1993). Lower extremity muscular flexibility in long distance runners. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 17(2), 102-107.
- Wear, C. L. (1991). Relationship of flexibility measurement to length of body segments. *The Research Quarterly*, 34, 234-238.
- Weber, A. E., Bedi, A., Tibor, L. M., Zaltz, I., & Larson, C. M. (2015). The hyperflexible hip: Managing hip pain in the dancer and gymnast. *Sports Health*, 7(4), 346-358.
- Weinberg, R. & Gould, D. (1996). *Fundamentos de psicología del deporte y el ejercicio físico*. Barcelona: Ariel Psicología.
- Wells, K. F. & Dillon, E. K. (1952). The sit-and-reach. A test of back and leg flexibility. *The Research Quarterly*, 23, 115-118.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C. B., Strand, K., Berg, B. & Tippitt, S. (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in prepubertal males. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(16), 629-638.
- Wenos, D. L. & Konin, J. G. (2004). Controlled warm-up intensity enhances hip range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 529-533.
- Wepler, C. H. & Magnusson, S. P. (2010). Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Physical Therapy*, 90(3), 438-449.
- Wherenberg, W.B. & Costello, M. (1993). Clinical evaluation of the backmate lower lumbar rehabilitation system. Results of a preliminary study. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(4), 185-190.
- Wiktorsson-Moller, M., Oberg, B., Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1983). Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. *American Journal of Sports Medicine*, 11, 249-252.

- Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T. & Claes, L. E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762.
- Witvrouw, E., Daneels, L., Asselman, P., D'Have, T. & Cambier, D. (2003) Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41-46.
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L. & Moga, P. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.
- Woodley, S. J. & Mercer, S. R. (2005). Hamstring Muscles: Architecture and Innervation. *Cells Tissues Organs*, 179(3), 125-141.
- Worrell, T. W., Smith, T. L. & Winegardner, J. (1994). Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(3), 154-159.
- Yingling, V. R. & McGill, S. M. (1999). Anterior shear of spinal motion segments. Kinematics, kinetics, and resultant injuries observed in a porcine model. *Spine*, 24(18), 1882-1889.
- Ylinen, J. J., Kautiainen, H. J., & Häkkinen, A. H. (2010). Comparison of active, manual, and instrumental straight leg raise in measuring hamstring extensibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 972-977.
- Youdas, J. W., Haeflinger, K. M., Kreun, M. K., Holloway, A. M., Kramer, C. M. & Hollman, J. H. (2010). The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiotherapy Theory and Practice*, 26, 240-250.
- Youdas, J. W., Krause, D. A. & Hollman, J. H. (2008). Validity of hamstring muscle length assessment during the sit-and-reach test using an inclinometer to measure hip joint angle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 303-309.

- Young, W., Newton, R., Doyle, T., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G. & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333-345.
- Yuste, J. L. (2012). *Condición física en Educación Primaria*. Murcia, España: Diego Marín.
- Zakas A. (2005). The effect of stretching duration on the lower-extremity flexibility of adolescent soccer players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9(3), 220-225.
- Zakas, A., Galazoulas, C., Grammatikopoulou, M. G. & Vergou, A. (2002). Effects of stretching exercise during strength training in prepubertal, pubertal and adolescent boys. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 6(3), 170-176.
- Zakas, A., Grammatikopoulou, M., Zakas, N., Zahariadis, P. & Vamvakoudis, E. (2006). The effect of active warm-up and stretching on the flexibility of adolescent soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 57-61.
- Zakas, A., Vergou, A., Grammatikopoulou, M.G., Zakas, N., Sentelidis, T. & Vamyakoudis, S. (2003). The effect of stretching during warming up on the flexibility of junior handball players. *Journal of Sport Medicine & Physical Fitness*, 43, 145-149.
- Zaragoza, J., Serrano, E. & Generelo, E. (2004). Dimensiones de la condición física saludable: evolución según edad y género. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 4(15), 204-221.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books.
- Zawadka, M., Skublewska-Paszowska, M., Gawda, P., Lukasik, E., Smolka, J., & Jablonski, M. (2018). What factors can affect lumbopelvic flexion-extension motion in the sagittal plane?: A literature review. *Human Movement Science*, 58, 205-218.

Zhu, Q., Gu, R., Yang, X., Lin, Y., Gao, Z. & Tanaka, Y. (2006). Adolescent lumbar disc herniation and hamstring tightness. Review of 16 cases. *Spine*, 31(16), 1814-1819.

Zurita, F., Romero, C., Ruiz, L., Martínez, A., Fernández, R. & Fernández, M. (2008). Influencia de las alteraciones raquídeas en la flexibilidad de los escolares. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 8(32), 282-298.

Agradecimientos

La realización de la presente tesis doctoral me ha supuesto un gran reto y una experiencia de inmersión en el mundo científico difícil de olvidar. Han sido seis años de trabajo duro pero muy emocionante que han acabado dando sus frutos. Todo esto nunca habría sido posible sin la inestimable ayuda de mi tutor y director de tesis, Pedro Ángel López Miñarro. Gracias por todo lo que me has enseñado, por estar disponible cuando te he necesitado y en general, por ser un excelente profesor y persona. Espero poder seguir aprendiendo de ti en el futuro.

Por otro lado, agradecer a otros profesores sin los cuales me hubiera sido muy difícil realizar la tesis como Manuel Pérez Llamazares y Raquel Vaquero Cristóbal. Gracias por ayudarme sin pedir nada a cambio y por vuestra profesionalidad.

También quiero ser agradecido con todos aquellos trabajadores de los centros públicos educativos Mariano Baquero Goyanés, Tierno Galván, María Maroto, Nuestra Señora de Belén, Santiago El Mayor y Universidad de Murcia por ser tan amables y hospitalarios y aceptar el desarrollo de la presente investigación.

Gracias a todas las personas que de una manera u otra me han ayudado en alguna de las fases de la tesis, especialmente aquellos que lo hicieron por generosidad y a los que puedo llamar amigos como Javier Pérez Bermejo, Juan Carlos Pujante Gil y José Javier Navarro Guardiola. No dudásteis en aparecer en cuanto os necesité, gracias por ser como sois.

Finalmente, no podía terminar sin agradecer a mis padres Diego López Pérez y Ángela Ruiz Valcárcel y a mi pareja Teresa Verdú Serrano por haber sido y ser mi apoyo incondicional y la fuerza que me mueve cada día. Nunca tendré el suficiente tiempo en esta vida para devolveros todo lo que me dais.

Pido perdón a aquellos que me ayudaron y no han sido citados. Gracias a todos por vuestro tiempo y dedicación y, en definitiva, gracias por pasar por mi vida de alguna manera. Para terminar, qué mejor forma de recordar la gran cita del poeta Antonio Machado sobre la educación: “En cuestiones de cultura y de saber, solo se pierde lo que se guarda; solo se gana lo que se da”.